

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**ТЕХНОЛОГІЯ, МЕХАНІЗАЦІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ  
ГЕОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА - 2. ТЕХНОЛОГІЯ ТА  
ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою  
«Геоінженерія» спеціальності 184 «Гірництво»*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2020

Технологія, механізація та організація геотехнічного будівництва - 2. Технологія та організація геотехнічного будівництва [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Геоінженерія» / Л.В. Гембарський, С.М. Стовпник; В.В. Вапнічна; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 160 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 8 від 09.04.2020 р.)  
за поданням Вченої ради ІЕЕ (протокол № 11 від 24.02.2020 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

## **ТЕХНОЛОГІЯ, МЕХАНІЗАЦІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА - 2. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА**

Укладачі: *Гембарський Лев Володимирович, канд. техн. наук, доц.  
Стовпник Станіслав Миколайович, канд. техн. наук, доц.  
Вапнічна Вікторія Вікторівна, канд. техн. наук, доц.*

Відповідальний  
редактор *Ган, А.Л., канд. техн. наук, доцент кафедри геоінженерії*

Рецензенти: *Кріль Т.В., канд. геол. наук, стар. наук. співробітник відділу  
інженерної геології Інституту геологічних наук НАН України*

У навчальному посібнику на сучасному науково-технічному рівні подано основний комплекс геотехнічних робіт під час зведення промислових та цивільних об'єктів – земляних, осушувальних, підливних, пальових та інших. Також розглянуто такі геотехнічні методи виконання робіт, як закріплення й заморожування ґрунтів, опускні колодязі і кесони, «стіна в ґрунті», армування ґрунту. Для студентів будівельних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також для виробників, проектувальників, аспірантів та науковців будівельної галузі.

Навчальне видання призначене для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 184 «Гірництво», освітньою програмою «Геоінженерія».

© Л.В. Гембарський, С.М. Стовпник, В.В. Вапнічна, 2020

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020

## З М І С Т

<u>ПЕРЕДМОВА.....</u>	<u>6</u>
<u>1. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНОГО</u>	
<u>ВИРОБНИЦТВА.....</u>	<u>7</u>
<u>1.1. Будівельні процеси, структура, зміст.....</u>	<u>7</u>
<u>1.2. Трудові ресурси.....</u>	<u>9</u>
<u>1.3. Продуктивність праці і норми продуктивності.....</u>	<u>10</u>
<u>1.4. Комплексна механізація та автоматизація</u>	
<u>будівельних процесів.....</u>	<u>12</u>
<u>1.5. Потоковість будівельних процесів.....</u>	<u>13</u>
<u>2. РЕГЛАМЕНТУЮЧА ДОКУМЕНТАЦІЯ</u>	
<u>БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....</u>	<u>16</u>
<u>2.1. Нормативна й проектна документація.....</u>	<u>16</u>
<u>2.2. Проект організації будівництва й виконання</u>	
<u>робіт.....</u>	<u>18</u>
<u>2.3. Технологічні карти.....</u>	<u>20</u>
<u>2.4. Техніко-економічні показники.....</u>	<u>21</u>
<u>2.5. Вимоги до якості будівельних робіт і продукції.....</u>	<u>22</u>
<u>2.6. Охорона праці й протипожежний захист</u>	
<u>об'єктів будівництва.....</u>	<u>24</u>
<u>3. ПІДГОТОВКА БУДІВЕЛЬНОГО</u>	
<u>МАЙДАНЧИКА.....</u>	<u>28</u>
<u>3.1. Вимоги до приготування будівельного</u>	
<u>майданчика до зведення, ремонту й реконструкції.....</u>	<u>28</u>
<u>3.2. Розчищення території.....</u>	<u>28</u>
<u>3.3. Відведення поверхневих і ґрунтових вод.....</u>	<u>29</u>
<u>3.4. Облаштування дренажних систем.....</u>	<u>30</u>
<u>3.5. Принципи створення і функціонування систем</u>	
<u>осушення котлованів і траншей.....</u>	<u>32</u>

3.6. Водовідливне устаткування.....	36
3.7. Відкритий водовідлив.....	41
3.8. Водозниження за допомогою свердловин.....	43
3.9. Створення геодезичної розбивочної основи.....	47
3.10. Інженерні мережі для будівництва.....	49
3.11. Організація будівельного майданчика.....	49
4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЛЯНИХ СПОРУД І ГРУНТІВ.....	52
4.1. Основні види земляних споруд та їхні елементи.....	52
4.2. Види і будівельні властивості ґрунтів.....	56
4.3. Несприятливі фізико-механічні явища у процесі виконання земляних робіт.....	57
5. ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ.....	61
5.1. Основні правила обчислення об'ємів земляних робіт.....	61
5.2. Визначення об'ємів земляних робіт.....	63
5.3. Баланс і розподіл земляних мас.....	67
5.4. Тимчасові кріплення виїмок.....	70
6. БЕТОНІ І ЗАЛІЗОБЕТОННІ РОБОТИ.....	75
6.1. Структура й зміст технологічних процесів зведення монолітних залізобетонних конструкцій.....	75
6.2. Влаштування опалубки.....	76
6.3. Армування конструкцій.....	78
6.4. Приготування та транспортування бетонної суміші.....	82
6.5. Бетонування конструкцій.....	84
6.6. Догляд за бетоном.....	88
6.7. Бетонування в зимових умовах.....	89
6.8. Безпека праці та контроль якості під час виконання бетонних робіт і залізобетонних робіт.....	91
7. ГІДРОМЕХАНІЗОВАНІ ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ.....	94
7.1. Технологічні особливості й галузь застосування	

гідромеханізації земляних робіт.....	94
7.2. Гідромоніторні роботи.....	96
7.3. Землесосні роботи.....	98
7.4. Комбінований спосіб гідромеханізованих робіт.....	102
7.5. Трубопроводи гідромеханізації.....	103
7.6. Водопостачання гідромеханізованих робіт.....	104
7.7. Вимоги безпеки під час гідромеханізації земляних робіт.....	104
8. ЗАКРІПЛЕННЯ ҐРУНТІВ.....	107
8.1. Загальні положення.....	107
8.2. Цементация ґрунтів і конструкцій.....	109
8.3. Силікатизація та смолізація ґрунтів.....	116
8.4. Струминне ін'єктування.....	121
8.5. Бурозмішувальні способи закріплення ґрунтів.....	124
8.6. Термічний спосіб закріплення ґрунтів.....	128
8.7. Зміцнення ґрунтів заморожуванням.....	133
9. АРМУВАННЯ ҐРУНТУ.....	140
9.1. Загальні відомості.....	140
9.2. Основні схеми армування ґрунту й галузі їхнього застосування.....	141
9.3. Армувальні матеріали.....	143
9.4. Підпірні стінки з армованого ґрунту.....	144
9.5. Способи армування природних ґрунтових масивів.....	147
9.6. Армування основ геотекстилем.....	150
9.7. Контроль якості робіт під час армування ґрунту.....	153
9.8. Техніка безпеки у процесі армуванні ґрунту.....	154
Список рекомендованої літератури.....	160

## Передмова

Технологія геотехнічного будівництва – галузь будівельної справи, що досить динамічно розвивається. Головними чинниками, які прискорюють цей процес, є реальні потреби сучасного будівництва, в тому числі в складних інженерно-геологічних умовах. Як свідчить досвід, ці умови в більшості випадків мають індивідуальний характер. На геотехнічні технології істотно вплинули досягнення теоретичної та експериментальної механіки ґрунтів, будівельного машинобудування та матеріалознавства. За останні 50 років з'явилися і досягли досконалості такі принципово нові технології, як метод «стіна в ґрунті», опускні колодязі в тиксотропній сорочці та з регульованим зануренням, буроін'єкційні анкери, струминне ін'єктування, армування ґрунту геотекстилем й влаштування геомембран. Завдяки якісним змінам у будівельному машинобудуванні також значно вдосконалились такі традиційні технології, як влаштування паль, водозниження, переробка ґрунту. Досягнення будівельної хімії позитивно вплинули на технологію бетонування конструкцій, ін'єктування ґрунтів тощо. Всі ці особливості сучасних технологій геотехнічного будівництва, на наш погляд, поки що не знайшли достатньо повного відображення в навчальній та спеціальній літературі, яка останніми роками видавалася в нашій країні. Викладаючи основні принципи технологій, автори наводять також сучасні нормативні вимоги та необхідні відомості з суміжних наукових дисциплін – ґрунтознавства, інженерної геології, механіки ґрунтів, основ та фундаментів. Наведено характерні приклади з практики будівництва. Для кожного виду робіт сформульовані основні вимоги до якості та безпечності робіт.

Джерельною базою для книги послужили нормативні та методичні документи України, Республіки Білорусь і Євросоюзу, бібліографія, що відображає сучасний досвід українських та закордонних будівельних організацій, багаторічний виробничий і науково-технічний досвід авторів. Окремі положення і висновки містять наукову новизну, в деяких випадках вони відрізняються від загальноприйнятих. Це такі питання, як однорозчинна силікатизація лесових ґрунтів, принципи стійкості «стін в ґрунті» в глинистих ґрунтах, біологічно деструкуючі розчини, вимоги до якості тиксотропних сорочок опускних колодязів, оптимізація активних та пасивних методів осушування котлованів, алгоритм пошуку енергоощадних схем осушення виїмок та інші.

# 1 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

## 1.1 Будівельні процеси, структура, зміст

Технологія будівельного виробництва - це прикладна наукова дисципліна, яка розглядає сукупність знань у галузі техніки, організації та економіки виробничих процесів на будівельному майданчику.

**Будівельними процесами** називають виробничі процеси, в яких робітники за допомогою технічних засобів з матеріальних елементів виготовляють будівельну продукцію.

За складністю виконання будівельні процеси поділяють **на прості й складні** (комплексні).

Сукупність кількості робочих рухів, які виконують за один робочий прийом, складає робочу **операцію** - технологічно однорідний і організаційно неподільний елемент будівельного процесу, в результаті якого одержують первинну будівельну продукцію і який виконує постійним складом робітників зі сталим набором предметів і знарядь праці.

**Простим робочим процесом** називають сукупність технологічно зв'язаних робочих операцій, які виконує один і той самий склад робітників (наприклад, монтаж колон).

**Складним (комплексним) робочим процесом** називають сукупність простих процесів, які технологічно й організаційно пов'язані єдиною кінцевою продукцією (наприклад, монтаж збірних конструкцій каркаса будинку).

**Залежно від ступеня механізації розрізняють такі робочі процеси:** автоматизовані, частково автоматизовані, комплексно механізовані, механізовані, частково механізовані й ручні.

**За технологічними ознаками** будівельні процеси поділяють на заготівельні, транспортні, підготовчі (допоміжні) й монтажно-укладальні.

**Заготівельні процеси** призначені для забезпечення будівництва напівфабрикатами, деталями й виробами. Ці процеси здійснюють, як правило,

поза будівельним майданчиком на спеціалізованих підприємствах (на заводах товарного бетону й розчину, заводах збірного залізобетону тощо) або на будівельному майданчику (на приоб'єктних вузлах для приготування бетону та розчину, майданчиках попереднього збирання монтажних блоків).

**Транспортні процеси** забезпечують доставляння матеріальних елементів і технічних засобів до місць зведення конструкцій. Для цих процесів використовують транспорт загального призначення і спеціальний технологічний транспорт. Вони поділяються на два види: доставка матеріалів і виробів на склади будівельного майданчика або до монтажного крана; подача матеріалів до певного робочого місця. Транспортні процеси другого виду завжди виконують разом з монтажно-укладальними, вони є складовою частиною технологій зведення будинків.

**Підготовчі (допоміжні) процеси** здійснюють перед монтажно-укладальними або одночасно з ними. Вони забезпечують ефективне здійснення основних процесів, поліпшення якості продукції або підвищення ступеня безпеки виконання робіт (наприклад, водозниження при влаштуванні котлована, роботи, пов'язані з встановленням тимчасового риштування під час монтажу конструкцій).

**Монтажно-укладальні процеси** здійснюють під час будівництва об'єкта, основна їхня суть зводиться до переробки, зміни форми або положення предметів праці, в результаті чого з'являється будівельна продукція у вигляді частин будинків і споруд.

Для здійснення будівельного процесу слід правильно організувати **робоче місце** - простір, де перебувають працюючі (один або ланка) з необхідним оснащенням, знаряддями та предметами праці. Робоче місце повинно бути просторим, зручним і безпечним.

Простір, який виділяють для роботи одного працівника або ланки, називають **ділянкою**, а для бригади - **захваткою**. Простір, на якому здійснюють комплексний процес, називають **дільницею**.



## 1.2 Трудові ресурси

Будівельні робітники. Операції, які входять до складу будь-якого будівельного процесу, розрізняють між собою за складністю, якістю і точністю виконання. Саме виконання їх вимагає різного рівня знань і вміння. Узгодженість, злагодженість та безперервність дій будівельних робітників під час виконання різних робіт є **показником їхньої кваліфікації**, ступінь якої визначається залежно від знання виконуваної справи, наявності досвіду й уміння відповідно виконувати ту чи іншу робочу операцію.

У будівельному виробництві беруть участь робітники різних фахів. **Фах будівельника** визначається видом роботи, яку він виконує (наприклад, муляр, покрівельник, опоряджувальник). **Спеціальність** же визначається більш вузьким поняттям фаху. Наприклад, покрівельники можуть улаштовувати жерстяні покрівлі або м'які, опоряджувальник може мати спеціальності штукатура, маляра, лицювальника, паркетника.

Для виконання будівельних робіт потрібні робітники з різним рівнем підготовки, тобто різної кваліфікації. Кваліфікація визначається рівнем професійної майстерності виконання певного виду роботи.

Рівень кваліфікації визначається **кваліфікаційними розрядами**. В будівельному виробництві їх шість. Чим вищий розряд, тим досконалішою повинна бути праця робітника. Доручати робітнику нижчої кваліфікації виконання роботи, яку має виконувати робітник більш високої кваліфікації і навпаки, з технологічних і економічних міркувань недоцільно.

Створення будівельної продукції потребує спільної праці робітників різних фахів і різної кваліфікації. Основними формами кооперації за цих умов є **ланкова форма**. Ланка складається з робітників однієї спеціальності, але різної за кваліфікацією. Окремі ланки об'єднують у **бригади**. Бригади, які виконують однорідні роботи (тобто однієї спеціальності), називають **спеціалізованими** (наприклад штукатурні, паркетні і т.д.)

Бригади, до складу яких входять ланки різного фаху й спеціальності, називають **комплексними**. Виконують вони різні види робіт.

Будівельні робітники повинні знати правила техніки безпеки й мати відповідне посвідчення про це.

### 1.3 Продуктивність праці і норми продуктивності

**Продуктивність праці** - це корисний результат трудових витрат. Ефективність її визначається порівнянням затраченої праці з одержаним результатом.

Підвищення продуктивності праці можливе при максимальному використанні досягнень науки й техніки, механізації будівельних робіт, використанні наукової організації праці й виробництва. Характерною ознакою підвищення продуктивності праці є те, що при однакових затратах матеріальних ресурсів без збільшення кількості працівників збільшується випуск продукції.

Час, необхідний для виготовлення одиниці високоякісної продукції при правильній організації та наявних засобах виробництва, називається **нормою часу**. В будівельному виробництві норма часу ототожнюється з нормою витрат праці, визначається згідно з відповідним збірником ЕНіР і вимірюється в людино-годинах (люд.-год.) на одиницю будівельної продукції.

Через норми часу можна легко перейти до визначення норм виробітку. **Норма виробітку**-це кількість будівельної продукції, яку виробляє виконавець (виконавці) за одиницю часу (годину, зміну, день і т. ін.); вимірюється фізичними одиницями виміру будівельної продукції.

Норма виробітку обернено пропорційна нормі затрат праці:

$$H_{вир} = V_l / H_{з.н.}, \quad (1.1)$$

де  $V_l$  - одиниця кількості продукції, яку враховують при визначенні норми затрат праці, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, шт.;  $H_{з.н.}$  - норма затрат праці, люд.-год.

У будівельному виробництві крім зазначених показників користуються ще й іншими.

**Норма машинного часу** - це затрати машинного часу на виготовлення одиниці доброякісної продукції; вимірюють у машино-годинах (маш.-год.).

**Трудомісткість** - це загальні затрати праці робітників на виконання будівельного процесу; вимірюють у людино-змінах (люд.-зміни) або людино-годинах (люд.-год.):

$$Q = H_{zn} V; \quad (1.2)$$

де  $V$  - обсяг виконуваних робіт,  $m^2$ ,  $m^3$ .

**Машиномісткість** - це загальні затрати машинного часу на виконання будівельного процесу; вимірюють у машино-змінах (маш.-зміни).

**Форми оплати праці робітників.** Форму оплати праці визначають співвідношенням між виконаною робітником роботою і розміром нарахованої йому за це заробітної плати.

Залежно від того, які показники приймають за вимірник праці -кількість виготовленої продукції або кількість відпрацьованого часу, -розрізняють відповідно такі форми оплати праці, як **відрядна й погодинна**. При розрахунках за відрядною формою розмір заробітку визначають кількістю та якістю виготовленої продукції, а за погодинною формою розмір заробітку не залежить від кількості виготовленої продукції, її визначають тільки кількістю відпрацьованого часу. Перевагу, як більш прогресивна, має відрядна форма. У свою чергу, її поділяють на пряму відрядну, акордну, відрядно-преміальну й урочну форми оплати праці.

Крім прямої заробітної плати, робітники мають змогу поліпшувати свій добробут за рахунок різних форм стимулювання. Прибуток, який одержує організація, залишається в її розпорядженні, його направляють на розвиток самої організації, соціально-культурні заходи й житлове будівництво, матеріальне заохочення робітників.

Нові форми господарювання, однією з яких є госпрозрахунок, підвищують продуктивність праці, сприяють її стимуляції та організації. **Госпрозрахунок** - це

такий метод господарювання, який передбачає економічну й матеріальну заінтересованість і відповідальність підприємства за результати своєї діяльності.

#### **1.4 Комплексна механізація та автоматизація будівельних процесів**

Механізація будівельних процесів значно підвищує продуктивність праці, полегшує її, зменшує строки виконання, а також сприяє підвищенню якості будівельної продукції.

Застосування різноманітних будівельних машин дає змогу майже повністю механізувати виконання більшості будівельних процесів (наприклад, земляних робіт - 97,1 %, приготування бетону й розчину -98 %). Однак, ще значну кількість будівельних робіт (до 50 %) виконують уручну, що знижує ефективність будівельної сфери.

**Комплексна механізація** - це механізація складного (комплексного) будівельного процесу, тобто всіх його складових частин -простих процесів і операцій. Комплексна механізація вимагає великої кількості різновидів машин.

**Система машин** - це комплект машин, механізмів, механізованого інструменту, підібраних за продуктивністю для одержання певної будівельної продукції (наприклад, система машин для зведення житла, промислових будівель, залізниць, димових труб). Будівельні машини узгоджують за продуктивністю з ведучою машиною. Ведуча машина - це машина, яка видає кінцеву продукцію (наприклад, екскаватор при ритті котлована, підйомний кран на монтажі).

Механізований інструмент підвищує продуктивність праці будівельника. Його розробляють залежно від виду робіт як нормокомплект різних інструментів.

Комплексна механізація передбачає ширше використання спеціальних технологічних машин. Одночасно з цим розвивається напрям оснащення універсальних машин змінними комплектами робочих органів (до 24 видів і більше).

Більш високим ступенем комплексної механізації є розроблення спеціальних машин, які мають кілька агрегатів для виконання різних операцій і навіть

процесів. Одночасно з цими машинами розробляють технологію виконання робіт. Такий метод виробництва називається **агрегатним**. Розроблено ряд технологій з використанням спеціальних агрегатів, які підтверджують високу ефективність цього способу, наприклад, агрегат для зведення монолітних градірень, щит для прокладання підземних тунелів, пересувна опалубка для зведення монолітних будинків. Слід зазначити, що виробництво таких агрегатів у нашій країні ще недостатнє, для їх ефективної експлуатації потрібне безперервне постачання ресурсів.

Можливості економіки й машинобудування дозволяють сьогодні впроваджувати в будівництво автоматизацію і роботизацію.

Слід розрізняти автоматизований і автоматичний процеси. **Автоматизований процес** - це процес, який виконує машина, але деякі операції виконує робітник, іноді це операції технологічного процесу, а іноді - управління автоматом. **Автоматичний процес** повністю виконує машина без участі робітника в процесі чи в управлінні ним.

Автоматизація і роботизація технологічних процесів у будівництві значною мірою реалізуються на промислових підприємствах. Безпосередньо на будовах автомати й роботи практично не застосовують з причин економічного характеру.

### 1.5 Потоковість будівельних процесів

Суть будівельного потоку можна проілюструвати моделями виготовлення т одиниць його продукції (рис. 1.1), які прийнято називати захватками. **Захватки** - це частини громадських чи промислових будівель або інженерних споруд, що часто повторюються. Виготовлення т одиниць будівельної продукції можна організувати послідовним, паралельним чи поточковим методом.

**Послідовний метод** (рис. 1.1, а) передбачає виконання робіт на кожній наступній захватці після їхнього завершення на попередній; паралельний (рис. 1.1, б) - одночасну роботу на всіх захватках; поточковий (рис. 1.1, в) - раціональне поєднання послідовного й паралельного методів виконання робіт.

При **послідовному методі** тривалість виготовлення т одиниць продукції:

$$T = mt_{\text{ц}}, \quad (1.3)$$

де  $t_{\text{ц}}$  - тривалість виробничого циклу.

При цьому споживання ресурсів у середньому залишається постійним.

При **паралельному методі** тривалість виконання робіт відповідає тривалості виробничого циклу  $t_{\text{ц}}$ :

$$T = t_{\text{ц}}, \quad (1.4)$$

але середня інтенсивність освоєння ресурсів збільшується в  $m$  разів.

Виробництво  $m$  одиниць будівельної продукції потоковим методом потребує менше часу, ніж послідовним ( $T < mt_{\text{ц}}$ ), а середня інтенсивність освоєння ресурсів нижча, ніж при паралельному методі.

При виконанні робіт потоковим методом необхідно: розчленувати складний виробничий процес на прості процеси або операції; визначити склад виконавців для кожного з них; призначити однаковий час виконання їх на захватці; сумістити їхнє ритмічне здійснення за часом і в просторі.

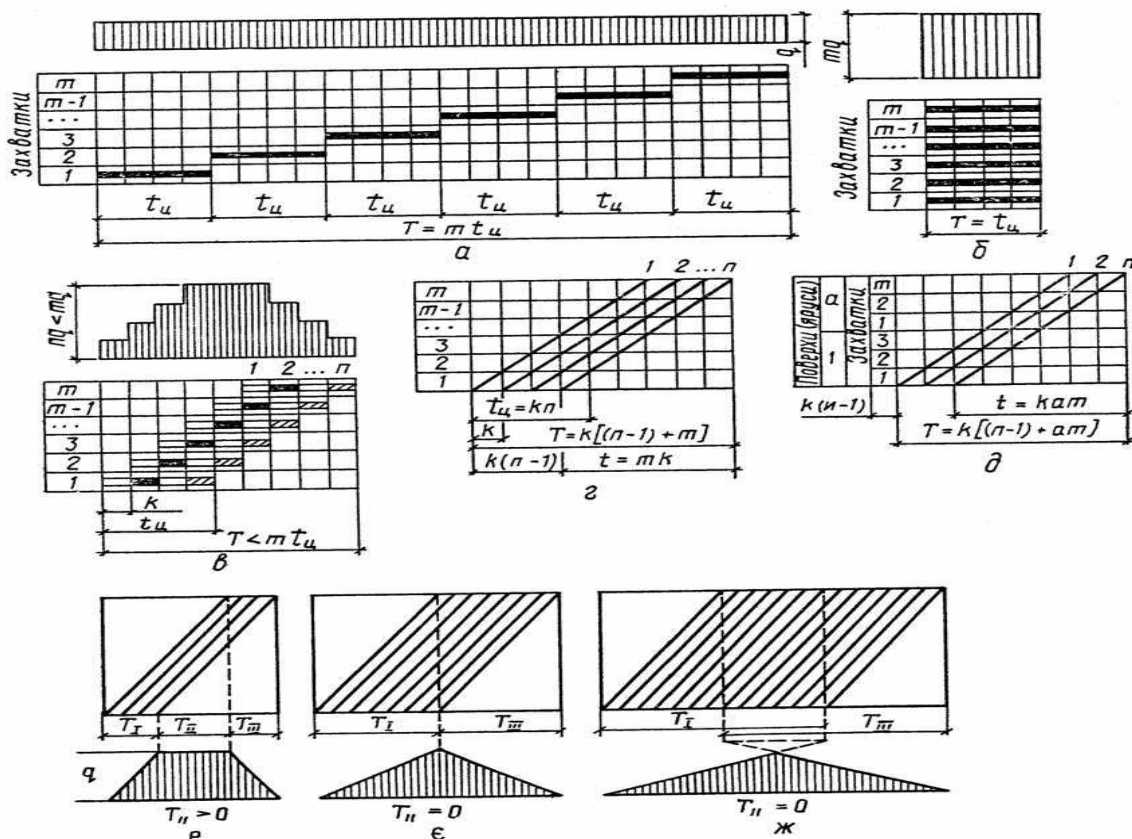


Рисунок 1.1 – Методи організації будівельних процесів і етапи розвитку будівельних потоків: а – послідовний метод; б – паралельний; в – потоковий; г – циклограма будівельного потоку з горизонтальною схемою руху; д – те саме з горизонтально-висхідною схемою руху; е – схема сталого розвиненого потоку; є – те саме несталого, але доведеного до повної виробничої потужності; ж – те саме несталого й не доведеного до повної виробничої потужності

### **Контрольні запитання:**

1. Назвіть чим визначається фах будівельника?
2. Поясніть що таке продуктивність праці?
3. Дати визначення поняттям норми часу, й норми виробітку.
4. Як визначають трудомісткість робіт?
5. Назвіть форми оплати праці?
6. Розкрити суть потокового методу виконання робіт?
7. Які показники якості продукції?
8. Як поділяють будівельні процеси за технологічними ознаками?

## **2 РЕГЛАМЕНТУЮЧА ДОКУМЕНТАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА**

### **2.1 Нормативна й проектна документація**

Будівництво як сфера трудової діяльності регламентується системою законодавчих актів і нормативних документів, які в сукупності є її нормативною базою. Система **нормативних документів** у будівництві складається з будівельних норм і правил, державних стандартів та інших митних документів, які затверджують Держбуд України, міністерства, відомства та органи державного контролю.

Нормативні документи встановлюють комплекс норм, правил і вимог, обов'язкові при розробці проектно-кошторисної документації; виконанні інженерних пошуків; будівництві й реконструкції будинків і споруд; виготовленні будівельних матеріалів, конструкцій і виробів і т.д.

Основними нормативними документами в будівництві є Державні будівельні норми, які носять законодавчий характер і обов'язкові для використання всіма проектно-пошуковими й будівельно-монтажними організаціями, підприємствами будівельної індустрії та іншими організаціями й установами, що здійснюють будівництво незалежно від форми власності

**Будівельні норми й правила** встановлюють:

- вимоги до організації, управління і економіки при проектуванні, інженерних пошуках і будівництві;
- норми проектування населених міст, підприємств промислового, сільськогосподарського та іншого призначення, будинків і інженерних споруд, будівельних конструкцій, основ і фундаментів;
- правила організації, управління, виконання і приймання робіт;
- правила ціноутворення в будівництві й кошторисні норми;
- норми витрат матеріальних і трудових ресурсів.



Система нормативно-правового забезпечення будівництва постійно вдосконалюється з метою приведення її у відповідність до останніх досягнень науково-технічного прогресу в будівництві, а також у відповідність до змін у виробничих стосунках при вдосконаленні або перетворенні виробничо-правових форм господарювання.

Будівництво здійснюється за спеціальним проектом, який розроблено з додержанням будівельних норм і правил та затверджено у встановленому порядку.

**Проект** - це система розрахунків, робочих креслень, макетів та інших документів, яка обґрунтовує економічну й технічну доцільність будівництва об'єкта та визначає його архітектурно-конструктивні рішення і оптимальні будівельно-технологічні умови виконання будівельних процесів, що забезпечують закінчення будівництва в задані терміни з мінімальними витратами матеріально-технічних і трудових ресурсів.

Проекти розробляють як на будівництво невеликих будинків або їхніх елементів (наприклад, окремих конструкцій, технологічного обладнання, інтер'єрів тощо), так і на будівництво великих міст, житлових масивів, промислових підприємств, електростанцій, залізниць тощо.

Кожний проект складається з кількох частин (розділів): архітектурно-будівельна, технологічна, енергетичне й інженерне обладнання, організація будівництва, кошторисні розрахунки, техніко-економічні показники тощо, розроблення яких здійснюють відповідні спеціалісти.

**Проектування** починають з обґрунтування соціально-економічної господарської необхідності будівництва даного об'єкта в тому чи іншому регіоні, населеному пункті, місті. Потім розробляють **техніко-економічне обґрунтування** - передпроектний документ, у якому наводять техніко-економічні показники, конструктивно-технічні й експлуатаційні характеристики об'єкта, що підлягає будівництву. За затвердженням розробляють завдання на проектування, яке передають проектній організації, після чого вона розпочинає проектування.

Залежно від складності об'єктів проектування виконують у дві або одну стадію. При проектуванні в **дві стадії** для відносно складних і великих об'єктів СПОЧАТКУ розробляють технічний проект (перша стадія), а потім робочі креслення (друга стадія). У разі проектування **в одну стадію** - будівництво невеликих і відносно нескладних об'єктів - розробляють техноробочий проект - технічний проект, суміщений з робочими кресленнями в скороченому вигляді.

Основною проектною документацією, що регламентує організацію і технологію виробництва будівельно-монтажних робіт, є проект організації будівництва й проект виконання робіт.

## **2.2 Проект організації будівництва й виконання робіт**

**Проект організації будівництва** є невід'ємною частиною робочого проекту. Його складають одночасно з розробленням інших його розділів з узгодженням об'ємно-планувальних, конструктивних і технологічних рішень об'єкта з можливими методами організації і виконання робіт. Проект організації будівництва розробляє генеральна проектна організація або за її дорученням проектна організація, яка спеціалізується на будівельному проектуванні. Проект організації будівництва складається з комплексу взаємопов'язаних проектних рішень організаційно-технологічного, технічного, нормативного та планово-економічного характеру щодо виконання підготовчих і основних виробничих процесів на будівельному майданчику. Це забезпечує своєчасне розгортання, здійснення та завершення будівництва в затверджені терміни.

**Проект виконання робіт** розробляють на основі робочого проекту; він спрямований на забезпечення прийняття ретельно обґрунтованих рішень щодо технології виконання будівельних процесів у конкретних виробничих і погоднокліматичних умовах. Проект виконання робіт виконує генпідрядна установа (за необхідності з залученням субпідрядних і проектних спеціалізованих установ).

Проект виконання робіт розробляють на основний і підготовчий періоди будівництва, на окремі стадії і види робіт (наприклад, на зведення підземної частини будинку або на монолітні бетонні й залізобетонні роботи, на

опоряджувальні або покрівельні роботи), а також окремо на роботи які виконують у екстремальних умовах (взимку, в умовах підтоплення території тощо).

Проектування технології виробництва будівельно-монтажних робіт вирішують у дві стадії: аналіз і оцінка обґрунтувань; розроблення проекту виконання робіт.

**Аналіз і оцінка обґрунтувань** передбачає всебічне й ретельне врахування всіх будівельно-технологічних й виробничо-технічних умов і параметрів зведення будинків, споруд або окремих конструкцій при формуванні можливих методів виробництва й механізації будівельних процесів, а також техніко-економічну оцінку їх ефективності.

**Розроблення проекту виконання робіт** на зведення будинків і споруд та окремих конструкцій треба виконувати на підставі результатів багато етапної оптимізації і вибору можливих методів виконання робіт. До складу проекту виконання робіт належать **такі документи:**

- **будівельний генеральний план** з розподілом загального фронту робіт на ділянки, захватки й робочі зони з указівкою для кожного елемента фронту робіт, виду й ступеня складності умов виробництва, наявності й характеру дії небезпечних і шкідливих чинників, природних процесів, місця розташування надземних і підземних мереж (окремо діючих, особливо небезпечних, пожежо- та вибухонебезпечних), схеми руху і стоянки будівельних машин, границі й конструкція огорож будівельного майданчика, небезпечних зон, місця розташування будівельного обладнання, площадок для складування і укрупнення будівельних елементів, проїздів для будівельного транспорту, проходів для працівників, розміщення спеціальних пристроїв і захисних конструкцій, місць і умов підключення до діючих енергопостачальних мереж тощо;

- **календарний графік виконання робіт**, у якому встановлено послідовність і терміни виконання будівельно-монтажних робіт і процесів; наведено витрати праці й машинного часу; визначено потребу в засобах механізації; відокремлено технологічні стадії і комплекси робіт, які доручено виконувати бригадам будівельних робітників, наведено їхній кількісний і професійно-кваліфікаційний

склад;

- **графіки постачання** на об'єкт будівельних матеріалів, конструкцій, напівфабрикатів і обладнання;

- **графіки руху** робочих кадрів і основних будівельних машин по об'єкту;

- **технологічні карти (схеми)** на виконання окремих видів робіт і будівельних процесів із включенням схем операційного контролю якості, розподілом фронту робіт на захватки, ділянки, розрахунком витрат праці й погребі в будівельних матеріалах, конструкціях і напівфабрикатах, засобах механізації, будівельної оснастки, допоміжних пристроях і пристосуваннях, а також у засобах захисту працівників.

Крім цього, проект виконання робіт має містити: конструктивні рішення з улаштування спеціальних, допоміжних і захисних пристроїв і конструкцій, які потрібні для забезпечення нешкідливих і продуктивних умов праці; вказівки з контролю якості, включаючи схеми операційного контролю та приймання закінчених конструктивних частин і об'єкта; виходи з техніки безпеки й охорони праці з указівкою особливостей і характеру суміщення робіт, небезпечних зон і конструкцій їх огорож, засобів індивідуального захисту й загального режиму роботи будівельних робітників на об'єкті.

Прийняті рішення потрібно погоджувати з установами, які експлуатують підземні і надземні мережі та комунікації, транспортні шляхи, шляхопроводи й продуктопроводи, з установами, що постачають енергоресурси, які використовуватимуть для будівельного виробництва, тощо. Повністю узгоджений проект затверджують і надають виконавцю робіт не пізніше як за 2 місяці до початку робіт.

## **2.3 Технологічні карти**

Карти трудових процесів мають **чотири розділа**:

- **галузь і ефективність** застосування карти (конструктивно-технологічне призначення продукції, показники ефективності - виробіток на 1 люд. - зміну й витрати праці на одиницю продукції);

- **виконавці й засоби праці** (кваліфікаційно-кількісний склад ланки, види й потреби в інструменті, допоміжних пристроях і будівельному інвентарі);
- **вимоги до готовності** попередніх конструкцій і робіт;
- **технологія процесу й організація праці** (послідовність, технологічний режим і витрати праці на виконання робочих операцій у вигляді графіка з ретельним описанням робочих прийомів і рухів; схема організації робочого місця з розміщенням механізмів, допоміжних пристроїв, будівельного інвентаря, а також робітників).

## 2.4 Техніко-економічні показники

Для дослідження ефективності будівельних процесів використовують техніко-економічні показники, які встановлюють ступінь ефективності будівельного процесу за кількістю витраченого часу, трудових, матеріально-технічних і грошових ресурсів на одиницю кінцевої будівельної продукції.

Основними **техніко-економічними показниками** ефективності будівельних процесів і будівельно-монтажних робіт є:

**собівартість** - це грошові витрати на виконання будівельного процесу або одиниці будівельної продукції; собівартість виконання будівельного процесу складається з прямих і накладних витрат. Прямі витрати включають заробітну плату робітникам, вартість матеріалів і конструкцій, що враховує заготівельно-складські витрати й вартість доставки на приоб'єктний склад, витрати на експлуатацію машин, механізмів і устаткування, а також транспортні витрати. Накладні витрати складаються з адміністративно-господарських витрат, витрат на утримання пожежної і сторожової охорони, спрацювання інвентарю та інструментів, випробування матеріалів і конструкцій тощо;

**трудомісткість** - витрати праці на одиницю будівельної продукції (наприклад, на 1 м<sup>3</sup> монолітного залізобетону) або на загальний обсяг виконаних робіт (витрати праці на екскавацію ґрунту при влаштуванні котловану);

**тривалість** виконання процесу.

В разі потреби основні техніко-економічні показники можна доповнити частковими: виробітком одного робітника за годину (день чи рік) витратами часу на одиницю будівельної продукції; рівнем механізації або автоматизації робочих трудових процесів; рівнем механізації (комплексної механізації) будівельно-монтажних робіт; показниками використання машин за часом чи за основним технологічним параметром (вантажопідйомністю); виробітком машини за одиницю часу, вартість машино-зміни тощо.

## **2.5 Вимоги до якості будівельних робіт і продукції**

**Якість у будівництві** - це сукупність властивостей продукції, що задовольняє певні вимоги відповідно до її призначення. Якість визначається спільною оцінкою архітектурно-художніх рішень, технічного рівня проектних рішень, конструкторсько-технологічних параметрів, якості будівельних виробів, напівфабрикатів і матеріалів.

Якість робіт і продукції характеризується показниками якості.

**Показник якості продукції** - кількісна характеристика одної або кількох властивостей продукції, що складають її якість, розглядається відповідно до певних умов її виготовлення і експлуатації або використання.

При визначенні рівня якості порівнюють відносну характеристику якості робіт чи продукції з відповідними базовими показниками. До показників, що знижують якість будівельної продукції, належать:

- погіршення зовнішнього вигляду виробів, що призводить до необхідності виконання додаткових робіт з метою підвищення їхньої якості;
- зменшення міцності й стійкості окремих конструкцій, виробів і будівель у цілому;
- зниження експлуатаційних якостей будівель.

Одним з найважливіших завдань підвищення якості є створення умов управління якістю. Під цим розуміють досягнення, забезпечення та підтримку

необхідного рівня якості робіт і продукції під час її проектування, виготовлення, експлуатації.

**Управління якістю** - це систематичний контроль і вплив на умови, що мають забезпечувати якість. Управління якістю включає: облік можливих основ дефектів; установлення шляхів запобігання їм і факторів, що впливають на якість. Вплив управління якістю може бути організаційним, соціологічним, технологічним, спрямованим на підвищення чи утримання на певному високому рівні якості продукції. Вплив управління може поширюватися також і на збільшення кількості продукції, що вже буде управлінням не тільки якістю, а й кількістю виготовленої продукції.

У будівництві контроль за якістю здійснюють на всіх стадіях виробництва - при проектуванні, виготовленні будівельних деталей і виконанні будівельно-монтажних робіт.

Відповідає за якість будівельно-монтажних робіт і будівельної продукції інженерно-технічний персонал будов. Зовнішній контроль за якістю будівництва здійснює персонал технічного нагляду замовника й авторський нагляд проектних організацій.

У сучасному виробництві розрізняють такі види контролю:

- залежно від місця виготовлення будівельних конструкцій і деталей, напівфабрикатів і матеріалів - вхідний, поопераційний і приймальний;
- залежно від охоплення контролем продукції - суцільний і вибірковий.

**Вхідний контроль** виконують при перевірці проектно-кошторисної документації, будівельних виробів, напівфабрикатів і матеріалів.

**Поопераційний контроль** здійснюють при виконанні окремих будівельних процесів або ж при виготовленні деталей і конструкцій.

**Приймальний контроль** - це контроль готової будівельної продукції, який виконують по закінченні всіх будівельних робіт.

**Суцільний контроль** здійснюють при перевірці всіх без винятку деталей, конструкцій та елементів будівель.

**Вибірковий контроль** передбачає прийняття рішення про якість усього комплексу робіт або ж усієї продукції за результатами перевірки лише окремих робіт чи елементів продукції.

Правильна організація управління якістю сприяє розробці та впровадженню у виробництво конкретних технічних заходів, що зумовлюють безперервне підвищення якості.

## **2.6 Охорона праці й протипожежний захист об'єктів будівництва**

**Охорона праці** - це комплекс взаємопов'язаних між собою технічних, санітарно-гігієнічних, законодавчих і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення здорових і безпечних умов праці в будівельному виробництві. Основним завданням охорони праці є захист працюючих від можливого впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників, профілактика травматизму й професійних захворювань, а також збереження працездатності й попередження перевтомлення робітників у процесі праці.

Комплексне вирішення питань охорони праці здійснюється як система взаємопов'язаних рішень у сфері техніки безпеки, промислової санітарії та трудового законодавства.

Основою державної політики в галузі охорони праці є пріоритет життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності, підприємства та повна відповідальність власника й технічної адміністрації за створення безпечних і нешкідливих умов праці.

Для виключення впливу на робітників небезпечних факторів у всіх галузях народного господарства діє система стандартів безпеки праці. Крім цієї системи, в будівництві діють СНіП III-4-80 «Техніка безпеки в будівництві». Норми техніки безпеки в будівництві повинні гарантувати захист робітників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, запобігати виникненню травм і нещасних випадків.

Будівельні норми виробничої санітарії та гігієни передбачають створення таких умов для працюючих, за яких підвищується їхня працездатність, усувається



вплив шкідливих виробничих або атмосферних факторів; ці норми також контролюють умови комфорту промислових і побутових приміщень, робочих місць.

У системі правових норм у галузі праці важливе місце відведене питанням регулювання праці жінок, молоді й осіб зі зниженою працездатністю.

Нагляд за виконанням законодавства про працю, будівельних норм і правил техніки безпеки та промислової санітарії здійснює система органів державного контролю та нагляду. Ці органи здійснюють нагляд за дотриманням правил безпечного виконання робіт у гірничій промисловості, за дотриманням і виконанням діючих технічних умов і правил при налагодженні енергетичних установок, правил технічної експлуатації електричних і теплових установок, раціонального використання електричної та теплової енергії в народному господарстві. Санітарний нагляд контролює виконання санітарно-гігієнічних і санітарно-протиепідемічних правил і норм, а також їхнє виконання при проектуванні й зведенні різних будівель і споруд. Пожежний нагляд контролює забезпечення пожежної безпеки населених пунктів, будівель і споруд, сприяє підвищенню ефективності боротьби з пожежами та впровадженню заходів щодо запобігання їм.

Державний комітет України з нагляду за безпечним проведенням робіт у промисловості й гірничому нагляді контролює виконання законів про охорону праці. Розслідування нещасних випадків і аварій здійснюють органи судочинства.

Керівники будов і працівники всіх рангів за порушення законодавства про охорону праці й затверджених норм і правил несуть дисциплінарну, адміністративну та кримінальну відповідальність. Відповідальність за загальний стан охорони праці покладено на майстрів, виконробів, начальників дільниць, головних інженерів будов.

Важливим фактором зниження виробничого травматизму та професійних захворювань є правильна організація будівельного майданчика та створення безпечних умов праці. В зв'язку з тим, що на будівельному майданчику одночасно працюють багато робітників, кожен з них повинен виконувати свою роботу за

умови безпеки праці для себе, членів бригади та всіх інших працюючих. Ефективним засобом у боротьбі з травматизмом на будівельному майданчику є використання знаків безпеки та написів, які за призначенням поділяють на чотири типи: заборонні, попереджувальні, розпорядчі, вказівні.

До початку будівельних робіт кожен об'єкт повинен бути забезпечений необхідною проектною та технологічною документацією. При розробці проектів організації будівництва (ПОБ) та проектів виконання робіт (ПВР) питанням техніки безпеки приділяють особливу увагу, що обґрунтовують в спеціальних розділах.

Система заходів щодо безпечних умов і охорони праці робітників обов'язкова для нормативно-технологічної документації, де фіксують конкретні норми та правила техніки безпеки й промислової санітарії для даного об'єкта.

Комплексна міська забудова охоплює великі території, на яких будівельне виробництво поєднується з проживанням, працею та відпочинком мешканців. Тому тут мають бути впроваджені заходи загальної безпеки не тільки будівельників, але й мешканців.

Чітке розмежування будівельних і експлуатаційних ділянок є однією з найважливіших умов безпечної комплексної забудови. З метою попередження застосовують плакати, написи, світлові, звукові та інші сигнали оповіщення. Окремі небезпечні зони відгороджують суцільними чи ґратчастими парканами.

Одночасне виконання робіт інженерного, підземного і наземного циклів призводить до суміщення різних робочих зон, породжує неорганізованість і, як наслідок, порушення правил техніки безпеки. Тому важливою умовою безпечної комплексної забудови є роздільне виконання робіт різних стадій чи циклів і правильне розмежування зон будівельних майданчиків на весь час виконання робіт.

Адміністративно-побутові зони слід розміщувати вздовж під'їздів, компактно в одному місці. На в'їзді слід вивішувати схему розташування робочих зон і шляхів переміщення ними.

Зони дії будівельних кранів є місцем підвищеної небезпеки, тому їх позначають плакатами й написами, а місця пересування кранів огорожують; металеві підкранові колії обов'язково заземлюють.

На кожному об'єкті повинні бути визначені правила роботи зі шкідливими й токсичними матеріалами, заходи щодо пожежної безпеки.

Відходи з робочих місць слід видаляти сміттєпроводами з бункером унизу. Скидати сміття з поверхів категорично забороняється.

Для забезпечення нормальних умов роботи увечері та вночі, проходи й робочі місця, повинні бути освітлені. Крім того, весь будівельний майданчик повинен мати достатнє освітлення.

***Контрольні запитання:***

1. Поясніть склад проекту організації будівництва.
2. Розкрийте склад проекту виконання робіт.
3. Назвіть склад технологічних карт.
4. Визначте техніко-економічні показники.
5. Які позначення і дані наведені в ЕНіР?
6. Як визначають трудомісткість робіт?

## **3 ПІДГОТОВКА БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА**

### **3.1 Вимоги до приготування будівельного майданчика до зведення, ремонту й реконструкції**

Підготовчі процеси, які здійснюються з метою підготовки території будівельного майданчика до робіт, включають: огороження ділянки, розчищення території майданчика, відведення поверхневих і ґрунтових вод, створення геодезичної розбивочної основи, прокладку тимчасових інженерних мереж і доріг, забезпечення умов працюючих у адміністративних і побутових приміщеннях.

### **3.2 Розчищення території**

При розчищенні території пересаджують зелені насадження, якщо їх будуть використовувати надалі, або захищають їх від пошкоджень, якщо вони попадають у зону проведення робіт, але не підлягають вирубці чи пересадженню. Пні корчують, очищають площадку від чагарнику, зносять чи розбивають непотрібні будівлі, знімають родючий шар ґрунту.

Територію від чагарника розчищають кушорізами. Дерев валять за допомогою механічних чи електричних пилок з наступним корчуванням пнів бульдозерами зі змінним обладнанням.

Дерев'яні нерозбірні, кам'яні й бетонні будівлі зносять за допомогою розламування і обвалення. Для обвалення будівель застосовують автокрани чи крани-екскаватори, обладнані допоміжними ударними пристроями.

Дерев'яні розбірні будівлі демонтують, відбраковуючи збірні елементи для наступного використання.

Монолітні залізобетонні й металеві будівлі розбирають за спеціально розробленою схемою зносу, що забезпечує стійкість будівлі в цілому, членують на блоки з попереднім розкриттям арматури. Потім блок закріплюють, ріжуть

арматуру й обламують блок. Металеві елементи зрізають після розкріплення. Найбільша маса залізобетонного блоку чи металевого елемента не повинна перевищувати половини вантажопідйомності кранів при найбільшому вильоті гака.

Родючий шар ґрунту, що підлягає зняттю з забудовуваних площ, зрізають і переміщують у спеціально виділені місця, де складають для наступного використання. Родючий шар треба охороняти від змішування з нижчележачим шаром, від забруднення, розмиву й вивітрювання.

### 3.3 Відведення поверхневих і ґрунтових вод

Поверхневі води утворюються з атмосферних опадів. **Розрізняють** поверхневі води «чужі», що надходять з підвищених сусідніх ділянок, і «свої», що утворюються на будівельному майданчику. Щоб на територію площадки не надходили «чужі» поверхневі води, їх перехоплюють за допомогою нагірних каналів (рис. 3.1) чи обваловування уздовж границь будівельного майданчика в підвищеній частині і відводять за його межі.

Поверхневі води «свої» відводять доданням відповідного ухилу при вертикальному плануванні площадки і пристроєм мережі відкритого чи закритого водостоку.

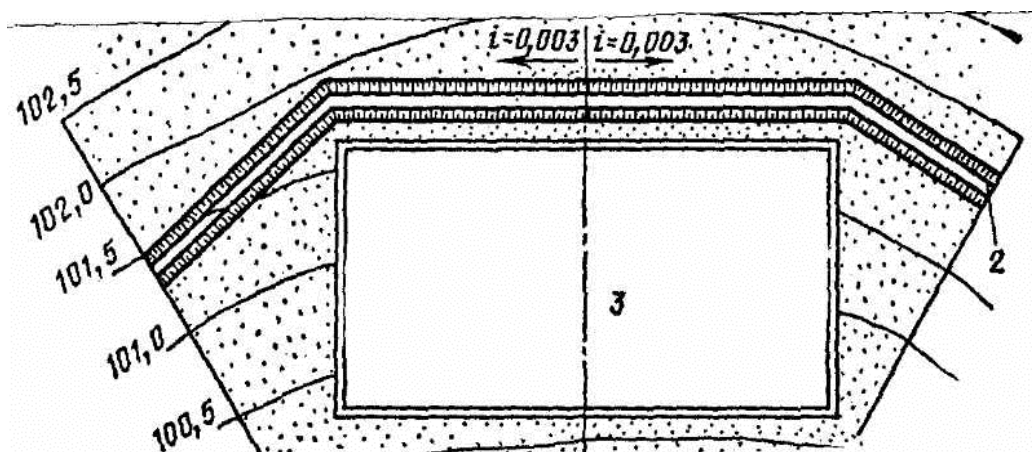


Рисунок 3.1 – Захист території від надходження поверхневих вод:  
1 – басейн стоку води; 2 – нагірна канава; 3 – будівельний майданчик

У разі сильного обводнення площадки ґрунтовими водами з високим рівнем горизонту площадку осушують за допомогою **відкритого** чи **закритого дренажу**. Відкритий дренаж влаштовують звичайно у вигляді каналів глибиною до 1,5 м, що відриваються з положистими укосами (1:2) і необхідними для течії води поздовжніми ухилами. Закритий дренаж - це траншеї з ухилами в бік скидання води, заповнювані дренавальним матеріалом.

Для ефективності дренажу на дно траншеї укладають перфоровані в бічних поверхнях труби - керамічні, бетонні, азбестоцементні.

### 3.4 Облаштування дренажних систем

**Дренаж** – це спосіб осушення масивів ґрунту шляхом збирання і відведення ґрунтових гравітаційних вод у природні зниження (річки, озера, ставки, яри тощо) або штучні водостоки (канави, канали і таке інше). Дренажі зазвичай будують у вигляді комплексу дренажних пристроїв, що містять різні водоприймальні фільтри (кільцеві обсіпання перфорованих труб, дренажні стрічки і шари), водоскидні труби, підземні водозбірні галереї, вертикальні свердловини, променеві дренажі тощо.

Дренажі розрізняють за різними функціональними, гідрогеологічними та конструктивними ознаками.

Основними робочими елементами будь-якого дренажу є спеціальні підземні конструкції у вигляді фільтрів, що збирають підземну воду. Ці робочі елементи називають **дренами**. Залежно від розташування дрена в осушуваному масиві ґрунту виділяють: **дренаж горизонтальний** (дрени переважно горизонтальні); **дренаж вертикальний** (дрени у вигляді свердловин з фільтрами, що розташовані вертикально); **пластовий дренаж** (дрени являють собою горизонтальні чи похилі шари дренавального матеріалу); **променевий дренаж** (дрени у вигляді

горизонтальних чи похилих свердловин із фільтрами, що збирають воду у водозбірну шахту або колодязь) тощо.

Великою перевагою більшості горизонтальних дренажів, які за технічної можливості завжди доцільно використовувати, є їхня здатність працювати самопливом, без примусового відкачування води насосами. Найбільше поширені горизонтальні дренажі, що облаштовуються відкритим способом, тобто в траншеях. Зазвичай глибина траншей не перевищує 6 – 8 м. Це головне і визначає сферу їх ефективного застосування.

У разі потреби зниження підземних вод на велику глибину використовують **галерейний дренаж**, який облаштовують у вигляді прохідних штолень закритим (гірничим) способом. В окремих випадках замість дорогих прохідних штолень горизонтальні дрени облаштовують бурінням **горизонтальних свердловин**, що самовиливаються.

Якщо горизонтальні свердловини пробурити з денної поверхні неможливо, то їх бурять зі спеціально облаштованих шахтних колодязів, часто розташовуючи їх віялом у вигляді розбіжних променів. Такий дренаж називається **променевим**. Він добре осушує прилеглу територію. Фільтрові ланки дренажів, облаштованих бурінням, принципово нічим не відрізняються від фільтрів водознижувальних свердловин, конструкції яких розглянуто раніше.

Горизонтальний траншейний дренаж є поєднанням дренажних труб із фільтром навколо них, а також добре проникним зворотним засипанням. Для спорудження такого дренажу застосовують усі види труб, які добре протистоять ґрунтовій корозії. Такими трубами є: гончарні, керамічні, азбоцементні, бетонні, пластмасові. Для надходження в труби води вони укладаються із зазорами в стиках або перфорується круглими отворами чи щілинами.

Найвідповідальнішою операцією у прокладанні горизонтальних трубчастих дренажів є дренажні обсіпання за принципом **зворотного фільтра**. Такий фільтр облаштовують, як правило, кількома шарами незв'язних ґрунтів різної крупності, покладеними нормально до напрямку фільтраційних струменів і в порядку зростання крупності часток за ходом фільтрації. Прийняте

розташування шарів за відповідного підбору їхнього гранулометричного складу перешкоджає суфозії в дрени ґрунту навіть за інтенсивної фільтрації (градієнти фільтрації 5 – 15).

**Досконалі дренажі** містять фільтруючі елементи на водотривкому шарі ґрунту, **недосконалі** – містяться у фільтруючому шарі ґрунту.

Є спроби замінити дренажну трубу з фільтром однією конструкцією у вигляді пористої труби. Виготовляють такі труби зі спеціально підібраного дренажного заповнювача (щебеню, керамзитового гравію) і цементного в'язучого.

Крім ретельного добору й укладання трубчастого фільтра, непорушним правилом його облаштування є провадження робіт у напрямку нахилу знизу вгору, починаючи від найнижчої точки дренажу, де організують відведення дренажної води. Така технологія дає змогу без додаткових витрат увесь час надійно осушувати фронт земляних робіт.

### **3.5 Принципи створення і функціонування систем осушення котлованів та траншей**

Сукупність спеціальних споруд, конструкцій, пристроїв і технічних засобів, що певним чином розташовані і виконують функції перехоплення, відведення, приймання і відкачування підземних вод у період будівництва, являє собою **систему будівельного осушення**. Конфігурація цієї системи й особливості її функціонування визначають у ході розробки проекту осушення, вони залежать від багатьох факторів, головні з яких такі:

- інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови будівельного майданчика;
- конструктивні і технологічні особливості споруди, що будується;
- способи виконання земляних робіт;
- передбачувані терміни будівництва і необхідна тривалість функціонування системи осушення;
- екологічні вимоги з охорони підземних і поверхневих вод;
- наявність і стан прилеглої забудови;
- можливості одержання того чи іншого обладнання;
- вартість і дефіцитність енергоресурсів тощо.



У процесі проектування систем осушення котлованів і траншей головним способом пошуку ефективних рішень є порівняння за певними критеріями варіантів, що задовольняють вихідні вимоги. Як критерії порівняння варіантів можуть бути приведені витрати, вартість будівельних робіт, витрата енергоресурсів тощо.

За особливостями конфігурації та функціонування всі можливі системи осушування котлованів і траншей можна поділити на такі групи:

- системи пасивного осушення;
- системи активного осушення;
- комбіновані системи;
- самотливні системи.

До систем **пасивного осушення** належать такі системи, в яких виїмку осушують, здебільшого, за рахунок утворення на шляху підземних вод усякого роду протифільтраційних конструкцій у вигляді протифільтраційних завіс, діафрагм, екранів тощо, які перегороджують чи відхиляють потік підземних вод, перешкоджають їхньому надходженню до створюваної виїмки.

Системи пасивного осушення можуть відрізнятися за конфігурацією і розміщенням у розрізі та в плані протифільтраційних конструкцій, зокрема стосовно геологічних структур і захищуваної виїмки, за використовуваними матеріалами і технологіями спорудження.

До систем **активного осушення** належать такі системи, в яких підземні води з виїмок, а іноді і з ґрунту довкола виїмки відкачуються водопідйомними машинами, переважно насосами різного типу. Стосовно ж наведеного вище прикладу осушення котловану Кременецької ватинової фабрики, розглянемо кілька можливих варіантів осушення котловану із застосуванням технологій активного осушення. На рисунку 3.2 наведені деякі варіанти осушення цього котловану з використанням не пасивних, а активних схем осушення.

У першому варіанті (рисунк 3.2, а) показано схему активного осушення котловану за допомогою **відкритого водовідливу** відцентровими насосами. В міру розроблення ґрунту ґрунтові води, що надходять, збираються на дні

котловану, канавками відводяться в прямки і з них насосами відкачуються на денну поверхню, а потім скидаються в річку. Укоси котловану з метою уникнення їх опливання роблять більш пологішими, ніж за пасивного осушення. Ґрунт розробляють, здебільшого, у водонасиченому стані.

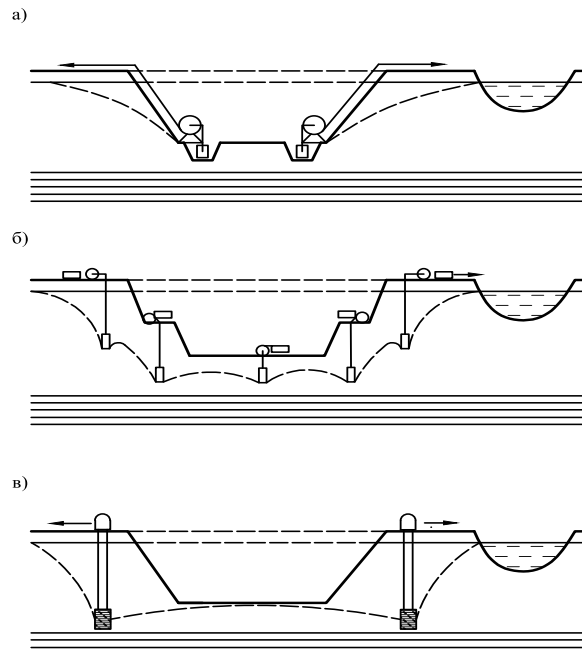


Рисунок 3.2 – Схеми варіантів активних способів осушення котловану: а – насосами відкритого водовідливу; б – голкофільтрами; в – артезіанськими свердловинами

У другому варіанті (рисунок 3.2, б) показано схему активного осушення котловану за допомогою **легких голкофільтрових установок** із розташуванням голкофільтрів у три яруси. Легкі голкофільтри – це фільтри малого діаметра, що приєднуються до всмоктувального колектора спеціального відцентрового насоса, який усмоктує через голкофільтри ґрунтову воду й відкачує її безпосередньо або за допомогою додаткового насоса на позначку денної поверхні і далі в річку. Оскільки легкі голкофільтри здатні знижувати ґрунтову воду на глибину до 4 м, то загальне зниження ґрунтових вод у межах котловану здійснюється ярусами, у кілька прийомів. При цьому в міру поглиблення котловану додаються нові яруси голкофільтрів. Для монтажу голкофільтрових установок на укосах котловану облаштовують спеціальні берми, що збільшує об'єм котловану порівняно з

його мінімально необхідним розміром. Екскавація ґрунту відбувається у відносно сприятливих умовах, у попередньо осушеному ґрунті.

Третій варіант передбачає попереднє осушення масиву ґрунту, в якому розробляється котлован, свердловинами з **глибинними насосами**. Ці насоси опущені всередину свердловин на позначку, близьку до водотривкого шару. До початку розроблення ґрунту в котловані весь масив ґрунту, який у ньому міститься, осушується. У завчасно осушеному ґрунті можуть бути крутіші укоси, що трохи скорочує об'єм земляних робіт. Однак загальний об'єм осушуваного ґрунту перевершує відповідні об'єми першого і другого варіантів.

Крім розглянутих варіантів, можуть використовуватися й інші технологічні прийоми активного осушення, а також інші технічні засоби відкачування води.

Часто способи активного і пасивного осушення використовують у різних поєднаннях. Такі способи будемо називати **комбінованими способами осушення**. Приклад комбінованого способу осушення наведено на рисунку 3.3, де розглянуто варіант осушення котловану з попереднього прикладу. У цій схемі осушення відкритим водовідливом поєднується з таким заходом, як незамкнута в плані протифільтраційна завіса між котлованом і річкою. Оскільки основний приплив води в котлован у цьому випадку спостерігається з річки, то спорудження між нею і котлованом протифільтраційної завіси істотно зменшує фільтраційний потік у котлован з боку річки.

У деяких випадках природні умови дають змогу уникнути витрат на механічне викачування води з осушуваної виїмки. Це можливо тоді, коли воду зі споруджуваної виїмки можна відвести в знижене місце **самопливом** за допомогою каналів, дренажів чи інших пристроїв, або скинути воду з котловану з використанням вертикальної, так званої водозбірної свердловини, у нижчий (стосовно дна виїмки) водопроникний шар.

Також є осушення котлованів самопливом: котлован захищається від ґрунтової води шляхом влаштування дренажної траншеї, що перехоплює ґрунтовий потік, спрямований у котлован, з нагірного боку. Це **головний дренаж**.

Перехоплена головним дренажем вода в обхід котловану спеціальним трубопроводом скидається у знижене місце або в місцевий водотік.

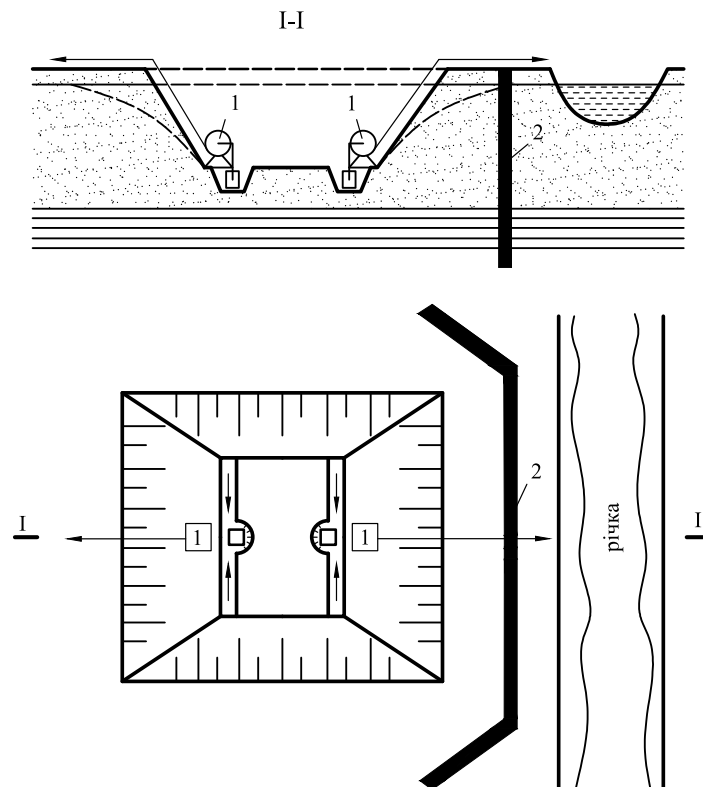


Рисунок 3.3 – Варіант комбінованого способу осушення котловану: 1 – насос відкритого водовідливу; 2 – протифільтраційна завіса

Осушення котловану іншим способом: товща ґрунту, над якою будується котлован, дренується галереєю, проходження якої здійснене з боку найближчого укосу. Можливі й інші схеми самопливного осушення виїмок. Їхня перевага полягає насамперед у тому, що не потрібно витрачати енергоресурси на відкачування води. Коли осушення необхідно проводити тривалий час, відсутність енерговитрат може виявитися вирішальним фактором у виборі схеми осушення.

### 3.6 Водовідливне устаткування

Історія створення машин для водовідливу сягає в далеке минуле. Водопідйомні машини, які рухала сила людей і тварин, застосовували в Єгипті

кілька тисячоліть тому. Перші поршневі насоси використовували в стародавніх Греції і Римі.

Широке впровадження поршневих насосів пов'язане з розвитком гірничорудної справи в XVIII – XIX століттях. Джерелом рушійної сили в гірничорудній промисловості була енергія води, а пізніше – парова машина.

Винахід відцентрового насоса відносять до початку XVIII ст. Широке застосування відцентрових насосів у будівництві пов'язане з появою наприкінці XIX ст. електричного двигуна, який зручно поєднується з відцентровими насосами.

У другій половині XIX ст. широко розгорнулося будівництво залізниць, де з 40-х років почали використовувати кесони, а разом з ними – і водоструминні насоси (гідроелеватори), а також пневматичні водопідйомники (ерліфти).

Наприкінці XIX ст. був створений глибинний вертикальний відцентровий насос артезіанського типу для відкачування води зі свердловин. У 30-х роках XX ст. для водозниження в складних умовах винайдені голкофільтри, які широко застосовуються і сьогодні. В другій половині XX ст. почали розробляти і впроваджувати установки вакуумного водозниження.

Таким чином, сучасне будівництво має у своєму розпорядженні широкий арсенал водовідливних технічних засобів, які здатні осушувати котловани і траншеї в різних інженерно-геологічних умовах. Основу цих технічних засобів складають різні насоси.

**Насосами** називають машини, які призначені для переміщення рідин чи газів і передачі їм енергії. Насос перетворює механічну енергію, що підводиться до його вала від двигуна, на потенційну і кінетичну енергію потоку рідини або газу.

Для компонування і конструювання водовідливних агрегатів застосовують головно такі типи насосів (як самотійно, так і в поєднанні один з одним):

- **лопатеві**, у тому числі **відцентрові**;
- **насоси витиснення**, зокрема **поршневі та діафрагмові**;
- **струминні**, зокрема **водоструминні (гідроелеватори)**;
- **пневматичні водопідйомники**, зокрема **ерліфти**.

Схема відцентрового насоса наведена на рисунку 3.4. Робоче колесо насоса має робочі лопаті 1. Воно міститься в корпусі 2 спіральної форми. Через прийомний отвір 3 відбувається всмоктування рідини, яка обертанням колеса переміщується відцентровою силою від осі до периферії, викидається в спіральну камеру і надходить у напірний трубопровід 4. Характерною ознакою відцентрового насоса є загальний напрямок потоку рідини від центру до периферії.

Найважливішою робочою характеристикою відцентрового насоса є залежність між напором ( $H_n$ ) і подачею рідини ( $Q_n$ ), а також між подачею і коефіцієнтом корисної дії ( $\eta_i$ ). Зазвичай робочі характеристики подають у вигляді графіків, що містяться в паспорті насоса.

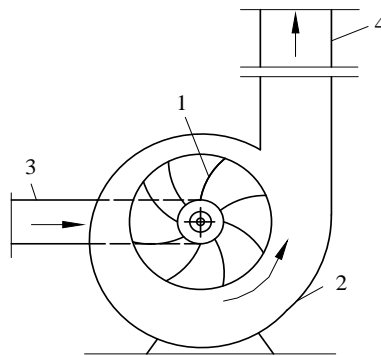


Рисунок 3.4 – Побудова відцентрового насоса: 1 – робоче колесо; 2 – корпус; 3 – всмоктувальний патрубок; 4 – напірний трубопровід

Відомо, що існує такий режим роботи насоса, який характеризується певним напором, коли насос працює з максимально можливим коефіцієнтом корисної дії (ККД). Якщо відомі напір, подача та коефіцієнт корисної дії, споживана насосом потужність ( $N_n$ ) визначається за такою формулою:

$$N_n = \frac{\rho g Q_n H_n}{1000 \eta_n}, [\text{кВт}], \quad (3.1)$$

де  $\rho$  – щільність рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  – прискорення земного тяжіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $Q_n$  – подача насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H_n$  – напір насоса, м;  $\eta_n$  – ККД насоса в частках одиниці.

**Насосний агрегат**, підготовлений до перекачування рідини, складається з насоса, двигуна, трубопровідної арматури, вимірювальних приладів, пристрою

для заповнення насоса рідиною перед пуском, а також пускового пристрою двигуна і приладів автоматичного керування роботою агрегату.

**Поршневі насоси** раніше широко застосовувалися в будівництві. Їхня перевага – в простоті конструкції, високій надійності і здатності самовсмоктування води без попереднього заливання. Недоліком таких насосів – їхня значна маса і відносно низька продуктивність. Проте з огляду на високу надійність вони можуть застосовуватися, наприклад, для підйому води зі свердловин малого діаметра, коли її подача буде до  $100 \text{ м}^3/\text{год}$ . Це так звані штангові насоси (рисунок 3.5). Їх ККД досягає 70 %, що робить їх конкурентоспроможними порівняно з відцентровими насосами такого самого призначення.

**Діафрагмові насоси** застосовують, коли малі об'єми відкачуваної води і насоси працюють тільки на всмоктування та вільний вилив. Його основний робочий орган – гумова діафрагма, хитанням важеля запускається в коливальний рух. Коли діафрагма підіймається напірний трубопровід закритий, а всмоктувальний трубопровід відкритий, і через нього вода всмоктується в корпус насоса. Із зворотним ходом важеля всмоктувальний клапан закривається, а напірний відкривається, і вода з корпусу, виштовхується рухом діафрагми назовні та відводиться самопливом за межі осушуваної виїмки. Існуючі моделі діафрагмових насосів з електродвигуном мають продуктивність до  $20 \text{ м}^3/\text{год}$ .

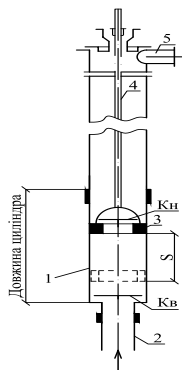


Рисунок 3.5 – Схема штангового насоса простої дії: 1 – корпус; 2 – всмоктувальний трубопровід; 3 – поршень; 4 – штанга; 5 – напірний трубопровід;  $K_v$  – всмоктувальний клапан;  $K_n$  – напірний клапан;  $S_n$  – хід поршня

**Водоструминні насоси (гідроелеватори)** широко застосовуються безпосередньо для водовідливу і як допоміжне устаткування в складних водовідливних агрегатах.

Робоча вода, яка потрібна для утворення струменя, подається в гідроелеватор спеціальним відцентровим насосом. Ефективність роботи гідроелеватора залежить від напору і величини подачі робочої води. Напір, що створюється водоструминним насосом, тим більший, чим більша швидкість витікання води із сопла і чим ближче до 1 відношення перетинів горловини і сопла. Найчастіше застосовують водоструминні насоси з відношенням перетинів горловини і сопла 4:10. Відношення перетинів всмоктувального трубопроводу і сопла найчастіше визначають у межах 15 – 20. Швидкість витікання води із сопла в межах 25 – 50 м/с, а швидкість у всмоктувальному і напірному трубопроводах – 2 – 3 м/с.

Неоціненною якістю водоструминного насоса є його здатність всмоктувати не тільки воду, забруднену ґрунтом, а й повітря. Він, на відміну від відцентрового насоса, має властивість самовсмоктування, його не потрібно заливати чи відсмоктувати з нього повітря перед пуском. У водоструминному насосі немає також обертових деталей, які швидко зношуються, отож він довговічний і надійний у роботі.

До недоліків водоструминних насосів варто віднести їх порівняно невисокий ККД в межах 15 – 23 %. Незважаючи на це, часто у конструюванні і виборі технічних засобів осушення перевагу віддають водоструминним насосам, з огляду на їхню універсальність та інші позитивні якості.

**Пневматичні водопідійомники, або ерліфти** використовують для підняття води на певну висоту за допомогою енергії стиснутого повітря. Стиснуте повітря, подане у водопідіймальну трубу, розпорошується на окремі пухирці та з великою швидкістю піднімається по цій трубі й іде в атмосферу. Рухаючись, повітря силою тертя захоплює нагору потік води, а також одночасно створює різницю тиску між стовпом води у свердловині і насиченим повітрям стовпом води у водопідіймальній трубі. Завдяки цьому встановлюється певна подача води ерліфтом. Статичний



горизонт води у свердловині згодом дещо знижується і встановлюється на деякому, так званому динамічному горизонті.

Виняткова простота конструкції та надійність роботи ерліфта обумовили його широке застосування для відкачування води зі свердловин, колодязів, вузьких і глибоких котлованів і траншей. Ерліфт також можна використовувати для підйому сильно забрудненої води.

Недоліками ерліфтового агрегату (разом з ерліфтом і компресором) є його відносно низький ККД (25 – 35 %), необхідність значної глибини занурення розпилювача, неможливість подачі рідини, що відкачується, в горизонтальному напрямку.

### 3.7 Відкритий водовідлив

Під **відкритим водовідливом** розуміють таку технологію осушення котлованів і траншей, за якої всі технічні засоби водовідливу (насосні агрегати й установки), а також водозабірні пристрої містяться безпосередньо у виїмці або поруч з нею на денній поверхні (рисунки 3.6).

Для організації відкритого водовідливу в котлованах і траншеях облаштовують спеціальні водозбірники – **зумпфи** (від німецького *Sumpf* – болото), до яких вода надходить по водозбірних канавках. Нахили канавок мають бути такими, щоб стікаючи по них вода не розмивала ґрунт. У разі потреби, для зменшення виносу часток ґрунту, водозбірники облаштовують з тимчасовим огороженням, яке створюють засипанням фільтрувального матеріалу між ґрунтом і кріпленням. Водозбірні канавки також засипають фільтрувальним матеріалом, а за необхідності – із прокладанням у ньому перфорованих труб. Ці заходи необхідні для зменшення виносу у водозбірник часток ґрунту. Ємність водозбірника рекомендується такою, щоб забезпечувала п'ятихвилинну максимальну продуктивність насоса, який відкачує з нього воду.

Над або поруч із водозбірниками встановлюють стаціонарні чи пересувні насосні агрегати. Сумарна подача води всіма робочими насосами має бути рівною або більшою за максимальний розрахунковий приплив ґрунтової води у виїмку.

Кількість резервних насосів повинна становити 100 %, коли є один робочий насос, і не менше 50 %, якщо насосів більше одного. Фільтраційний потік ґрунтових вод у котлован чи траншею створює гідродинамічний тиск на ґрунт, послаблює зв'язки між його частками, може спричинити їх, порушення укосів виїмки або розпушування основи споруди. Тому не слід допускати різких знижень води у виїмці. Фільтраційний потік у місцях виходу в котлован має бути розосередженим. Якщо виявлені зконцентрована фільтрація або суфозія ґрунту, необхідно застосовувати фільтрувальні привантаження укосів і дна виїмки, перехоплювати фільтраційний потік канавами і передовими траншеями. Для цього останні заглиблюють стосовно дна виїмки.

Великі і глибокі котловани із водовідливом розробляють ярусами. Розробка кожного ярусу починається з проходження піонерної траншеї глибиною, що трохи перевищує висоту ярусу, з нахилом протилежним напрямку руху екскаватора. При цьому на початку піонерної траншеї облаштовують водозбірник для фільтруючої води і насосний агрегат. Висота ярусу обмежується фактичною висотою всмоктування насоса і зазвичай дорівнює 3 – 4 м. За необхідності збільшення висоти можна використовувати заглибні чи водоструминні насоси. В міру розроблення ґрунту на ярусі облаштовують водозбірні канали з нахилом до водозбірника. Після розроблення всього ярусу на дні котловану також облаштовують водозбірні канавки.

Відцентрові насоси, які застосовують у випадку відкритого водовідливу, можна поділити на дві групи. Перша група охоплює насоси, призначені для перекачування води з механічними домішками. Друга група – це насоси, призначені для перекачування чистої чи умовно чистої води. До першої групи насамперед належать:

- самовсмоктувальні відцентрові насоси типу С з напором 18 – 26 м і подачею 24 – 120 м<sup>3</sup>/год, ККД яких 60 – 71 %;
- заглибні моноблочні відцентрові насоси типу ГНОМ з напором 10 – 25 м, подачею 16 – 100 м<sup>3</sup>/год, ККД яких 30 – 54 %.

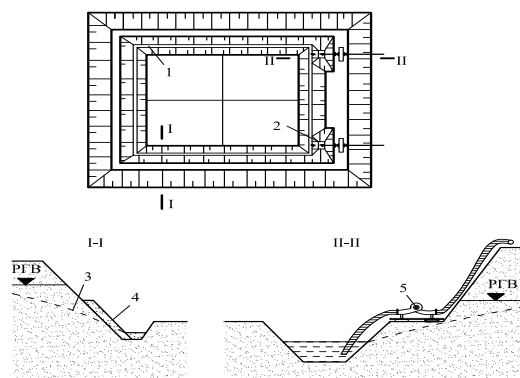


Рисунок 3.6 – Відкритий водовідлив з котловану: 1 – дренажна канава, 2 – зумпф, 3 – знижений рівень підземних вод, 4 – дренажний привантаж, 5 – насос

Відмінною рисою насосів типу С є те, що зворотний клапан всмоктувального тракту міститься безпосередньо в корпусі насоса, завдяки чому полегшується його заливання і запуск. Насоси зразка ГНОМ працюють у заглибному режимі, тому запускаються без підготовчих операцій із заливання.

В окремих випадках за відкритого водовідливу для перекачування води, забрудненої ґрунтом, можуть застосовуватися фекальні насоси типу ФН і піскові насоси зразка П. Подача останніх досягає  $850 \text{ м}^3/\text{год}$ , а ККД до 70 %.

За ретельної організації водозбірного господарства у великих котлованах можуть застосовуватися насоси для умовно чистої води зразка Д, ЦНС, К. Ці насоси вирізняються значними напорами, великою подачею і високим ККД (64 – 81 %).

За значної обмеженості фронту земляних робіт і високого забруднення води ґрунтом, а також наявності джерел чистої води доцільно застосовувати зазначені вище насоси (Д, ЦНС, К) для подачі робочої води, а безпосередньо в котловані чи траншеї водовідлив вести водоструминними насосами (гідроелеваторами).

### 3.8 Водозниження за допомогою свердловин

Водознижувальні свердловини, що обладнані індивідуальними насосами, застосовують у лінійних, кільцевих і групових системах. У деяких випадках використовують також поодинокі свердловини. Осушення за допомогою

свердловин практикують за глибини зниження понад 4 м і коефіцієнтів фільтрації ґрунтів, як правило, більше 1м/добу.

Свердловини з насосами використовують здебільшого для створення зовнішніх (стосовно об'єкта, що захищається) водознижувальних систем, які зручні в експлуатації, оскільки не звужують фронт земляних робіт, адже попередньо осушують масив ґрунту, в якому виконуватимуться роботи. У деяких випадках такі свердловини розміщують також усередині контуру осушуваної виїмки.

Залежно від природних й експлуатаційних умов свердловини можуть бути відкритими (сполучені з атмосферою) чи вакуумними (із герметизованим гирлом). З урахуванням гідрогеологічних умов можуть бути також свердловини водовбирні (без насосів) і такі, що самовиливаються (з виливом води через гирло).

Конструкцію відкритої водознижувальної свердловини, що обладнана заглибним насосом, показано на рисунку 3.7. Водознижувальна свердловина має оснащуватися манометром, засувкою, зворотним клапаном, краном для відбору проб води, водомірним пристроєм і п'єзометром для вимірювання рівня води в свердловині.

Вакуумні свердловини відрізняються тим, що їхнє гирло загерметизовано і вони оснащені вакуумметром.

Основним елементом будь-якої водознижувальної свердловини є фільтрова колона, всередині якої міститься насос, а зовні – водоприймальне покриття у вигляді сітки. Зовні фільтрову колону обсипають піщано-гравійною сумішшю, гранулометричний склад якої підбирають залежно від навколишнього ґрунту так, щоб не було виносу його часток у фільтрову колону. За висотою фільтрова колона містить фільтрові ланки і відрізки глухих труб. Нижня глуха частина фільтрової колони слугує відстійником, глибину якого визначають у межах 2 – 5 м.

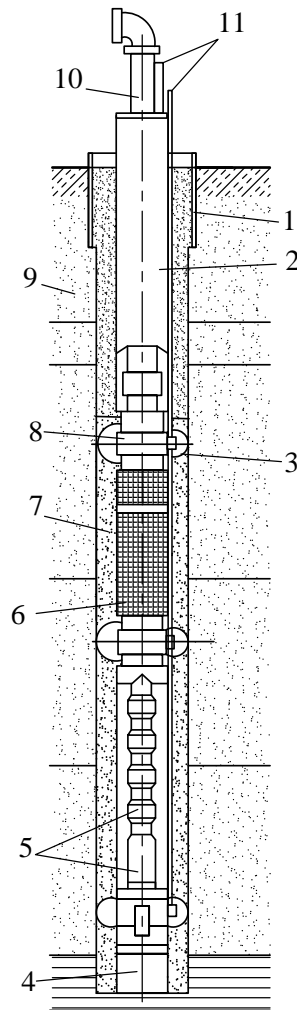


Рисунок 3.7 – Відкрита водознижувальна свердловина з насосом, що занурюється: 1 – кондуктор; 2 – надфільтрова колона; 3 – напрямні ліхтарі; 4 – відстійник; 5 – насосна установка; 6 – водоприймальне покриття фільтра; 7 – піщано-гравійне обсіпання; 8 – муфта; 9 – місцевий ґрунт; 10 – колона водопідіймальних труб; 11 – п'єзометри

Важливим елементом водознижувальної свердловини є її фільтр. Існує багато конструкцій фільтрів, як-от: трубчасті, каркасно-стержневі, кожухові й інші (рисунок 3.8). У міцних тріщинуватих скельних породах, де немає небезпеки вивалів ґрунту, свердловини облаштовують без фільтрів.

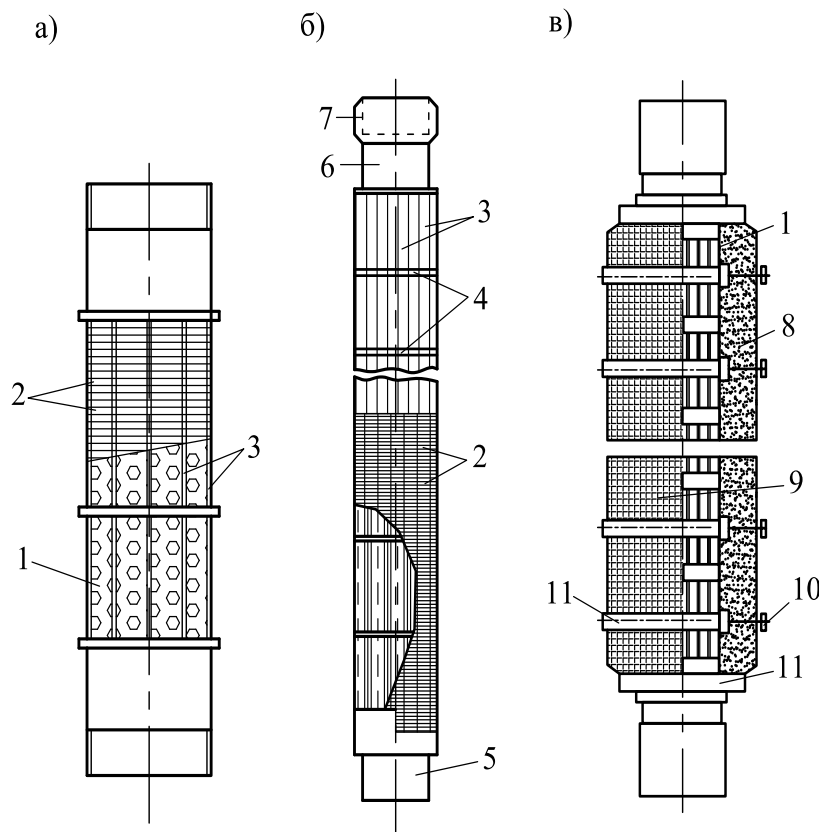


Рисунок 3.8 – Фільтри водознижувальних свердловин: а – трубчастий із дротяною обмоткою; б – каркасно-стержневі, кожухові; в – кожуховий з піщано-гравійним обсіпанням; 1 – перфорована труба; 2 – дротяна обмотка; 3 – металеві стержні; 4 – опорні пояси жорсткості; 5 – нижній з’єднувальний патрубок; 6 – верхній з’єднувальний патрубок; 7 – з’єднувальна муфта; 8 – піщано-гравійне обсіпання; 9 – сітка панцирна; 10 – штирі для кріплення сітки; 11 – обручі для кріплення сітки

У більшості випадків для свердловин застосовують методи шнекового, роторного, канатно-ударного чи гідравлічного буріння. При цьому в нестійких ґрунтах стінки свердловин кріплять за допомогою обсадних труб. У цілому свердловина – це складна конструкція з ряду трубчастих обсадних колон різного призначення. У загальному випадку передбачають такі види обсадних колон свердловин:

- **шаховий напрямок (форшахта)** – відрізок труби великого діаметра (1000 – 1600 мм), встановлюваний у шурфі глибиною 1,5 – 2 м із бетонуванням затрубного простору, застосовується в конструкціях свердловин глибиною більше 150 м;

- **кондуктор** – колона труб, що забезпечує кріплення верхнього нестійкого шару ґрунту, створення опори для спускання наступних колон, запобігання забрудненню шарів ґрунту буровим розчином;

- **проміжні колони** ізолюють інтервали геологічного розрізу, зв'язок яких з шарами, розташованими нижче, неприпустимий за умовами буріння й експлуатації;

- **експлуатаційні колони** є проміжними колонами, що залишаються на період експлуатації;

- **фільтрова колона** забезпечує кріплення стовбура свердловини за висотою водоносного шару, який дренується; до складу цієї колони входять відстійник, фільтр і надфільтрові труби.

### 3.9 Створення геодезичної розбивочної основи

Геодезичну розбивочну основу для визначення положення об'єктів будівництва в плані створюють переважно у вигляді:

- **будівельної сітки**, поздовжніх і поперечних осей, що визначають положення на місцевості основних будинків і споруд і їхній габарит, для будівництва підприємств і груп будинків і споруд;

- **червоних ліній**, поздовжніх і поперечних осей, що визначають положення на місцевості й габарит будинку.

Будівельну сітку виконують у вигляді квадратних і прямокутних фігур, що підрозділяються на основні й додаткові. Довжина сторін основних фігур сітки 200-400 м, додаткових - 20-40 м.

Будівельну сітку звичайно проектують на будівельному генеральному плані. Розбивку будівельної сітки на місцевості починають з виносу в натуру вихідного напрямку, для чого використовують наявну на площадці (чи поблизу від неї) геодезичну мережу (рис. 3.9).

За координатами геодезичних пунктів і пунктів сітки визначають полярні координати  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  і кути  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ , по яких виносять на місцевість вихідні напрямки сітки (AB і AC). Потім від вихідних напрямків на всій площадці

розбивають будівельну сітку і закріплюють її в місцях перетину постійними знаками з плановою точкою. Знаки роблять з забетонуваних обрізків рейок або заповнених бетоном труб. Аналогічно переносять і закріплюють червону лінію.

При перенесенні на місцевість основних осей споруджуваних об'єктів при наявності планової розбивочної основи будівельної сітки застосовують метод прямокутних координат. У цьому випадку як лінії координат приймають прилеглі сторони будівельної сітки, а їх перетин - за нуль відліку (рис. 3.10). Положення точки  $O$  головних осей  $XO - YO$  визначають наступним чином: якщо дано, що  $XO = 50$  м і  $YO = 40$  м, то це значить, що вона знаходиться на відстані 50 м від лінії  $X$  в сторону лінії  $XO$  і на відстані 40 м від лінії  $Y$  в сторону лінії  $YO$ . При наявності як планової розбивочної основи червоної лінії на будгенплані повинні бути наведені які-небудь дані, що визначають положення майбутнього будинку, наприклад точка  $A$  на червоній лінії (рис. 3.10, б), кут  $\beta$  між головною віссю будинку й червоною лінією і відстань від точки  $A$  до точки  $O$  перетину головних осей.

Головні осі будинку закріплюють за його контурами знаками вищенаведеної конструкції.

Висотне обґрунтування на будівельному майданчику забезпечується висотними опорними пунктами - будівельними реперами. Як будівельні реperi використовують опорні пункти будівельної сітки й червоної лінії. Висотна позначка кожного будівельного репера повинна бути отримана не менше ніж від двох реперів державного чи місцевого значення геодезичної сітки.

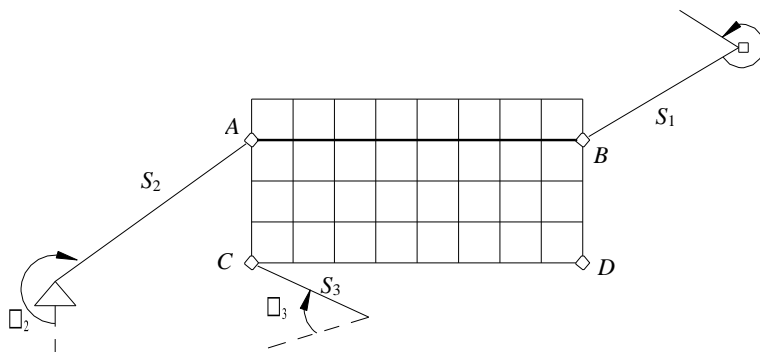


Рисунок 3.9 – Схема виносу на місцевість будівельної сітки



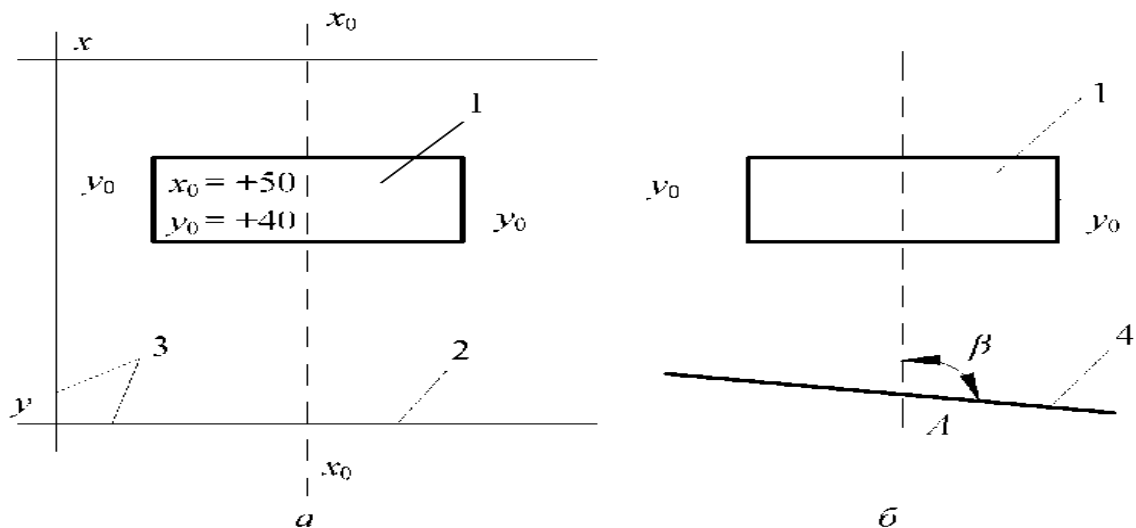


Рисунок 3.10 – Спосіб перенесення на місцевість основних осей будинків:

а – на основі будівельної сітки; б – на основі червоної лінії; 1 – будинок; 2 – будівельна сітка; 3 – осі умовної координатної сітки; 4 – червона лінія

### 3.10 Інженерні мережі для будівництва

Тимчасовий водопровід улаштовують з труб розрахункового діаметра, прокладаючи їх у землі чи на її поверхні, захистивши від механічних пошкоджень. Водопостачання може бути організоване за тупиковою, кільцевою або змішаною схемами.

Для електропостачання використовують діючі мережі й постійні споруди енергетичного господарства. Пересувні електростанції та інші тимчасові джерела енергопостачання застосовують у початковий період будівництва. Тимчасові мережі високої і низької напруги на території будівництва влаштовують з повітряною підвіскою проводів на стовпах.

Тепло й пар подають від котельних установок. Стиснене повітря від компресорних установок розподіляють по сталевим трубам чи гумовим шлангам.

### 3.11 Організація будівельного майданчика

Як тимчасові внутрішньобудівельні дороги на будівельних майданчиках використовують автомобільні дороги й залізниці. Залізничний транспорт

застосовують головним чином при спорудженні великих об'єктів промислового й енергетичного будівництва. Будівництво тимчасових залізниць виконують спеціалізовані організації, а тимчасових автодоріг, як правило, загальнобудівельні організації.

Дороги тимчасового призначення слід прокладати по трасах майбутніх постійних шляхів.

До основних параметрів тимчасових автомобільних доріг відносяться: число смуг руху; ширина полотна й проїзної частини; радіуси заокруглень; найбільший поздовжній ухил (до 9%). Ширину тимчасових доріг слід приймати при однобічному русі автотранспорту не менше ніж 3,5 м, при двосторонньому русі - не менше ніж 6 м. Параметри доріг визначають відповідно до вимог ДБН.

При визначенні схеми руху транспорту (кільцева, наскрізна, тупикова) й розташування доріг у плані необхідно забезпечити під'їзд транспортних засобів у зону дії кранів та інших засобів вертикального транспорту, до площадок укрупнювального складання, складів і т.д.

**Розміщення тимчасових будівель.** За призначенням тимчасові будівлі поділяють на: виробничі (майстерні, об'єкти енергетичного призначення і т.п.); адміністративно-господарські (контори виконробів, прохідні і т.п.); санітарно-побутові (гардеробні, душові і т.п.).

Залежно від конструктивних рішень розрізняють тимчасові будинки неінвентарні (розраховані на одноразове використання) і інвентарні. Останні, в свою чергу, можуть бути збірно-розбірні, контейнерні й пересувні.

При розміщенні санітарно-побутових і адміністративних будинків необхідно забезпечити незагрозливість і зручність підходів до них, не заважати будівництву, забезпечити максимальне блокування будинків між собою. На майданчику з великим числом працюючих побутові приміщення слід розосередити, наблизивши їх, по можливості, до місця роботи.

**Розміщення складів.** Залежно від вимог до фізико-хімічних властивостей матеріалів, що зберігаються, розрізняють приоб'єктні склади: відкриті (збірний

залізобетон, цегла і т.д.); напівзакриті (навіси, столярні вироби, руберойд і т.п.); закриті утеплені і неутеплені (цемент, паркет і т.п.).

Відкриті склади слід розташовувати поблизу споруджуваних об'єктів у зоні дії монтажних кранів уздовж фронту їхнього переміщення. Навіси розміщують у зоні дії крана або в безпосередній близькості.

Закриті склади розміщують поблизу тимчасових будівельних доріг поза небезпечною зоною.

### ***Контрольні запитання:***

1. Які роботи виконують при розчищенні території?
2. Як здійснюють відведення поверхневих вод?
3. Що таке відкритий і закритий дренаж?
4. Як здійснюють винос на місцевість будівельної сітки?
5. Наведіть схему внутрішньобудівельних автомобільних доріг.
6. Як конструктивно влаштовані автомобільна й залізна дороги?
7. Наведіть класифікацію тимчасових будинків за призначенням.
8. Які види приоб'єктних складів Ви знаєте?

## 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЛЯНИХ СПОРУД І ГРУНТІВ

### 4.1 Основні види земляних споруд та їхні елементи

Під **земляними роботами** розуміють сукупність будівельних процесів зі зведення **земляних споруд**, а також **зміцнення ґрунтів** основ будівель та споруд. Сутність цих процесів полягає в розробці, переміщенні й укладанні ґрунтів, а також у поліпшенні їхніх будівельних властивостей. При цьому поліпшення будівельних властивостей ґрунту досягають шляхом цілеспрямованої зміни його фізико-механічного стану, а іноді також речовинного та хімічного складу.

У будівельній справі прийняте таке визначення ґрунтів. **Ґрунти** – це гірські породи та техногенні утворення, що являють собою багатокomпонентну і різноманітну геологічну систему і є об'єктом інженерно-господарської діяльності людини. Ґрунти можуть слугувати:

- а) **матеріалом основ** будинків і споруд;
- б) **середовищем** для розміщення в них споруд;
- с) **матеріалом** самих споруд.

Якщо фронт земляних робіт відділений від денної поверхні шаром ґрунту, то такий спосіб провадження робіт називають **закритим** або **підземним**, в іншому випадку маємо **відкритий спосіб провадження робіт**. Іноді необхідно розробляти ґрунт під шаром води, тоді це – **підводний спосіб виконання земляних робіт**.

Земляні споруди за їхнім положенням щодо вихідної позначки провадження робіт можна розділити на **насипи** – ґрунтові масиви, які створюють над поверхнею землі, і **виїмки** – їх утворюють шляхом розробки ґрунту нижче позначки поверхні землі, що була до початку робіт.

Як насипи, так і виїмки можуть бути **тимчасовими** або **постійними**.

До постійних відносять земляні споруди, що проектується і будуються для задоволення постійних інженерно-господарських потреб суспільства. До них належать, наприклад, виїмки і насипи постійних доріг (автомобільних, залізничних), зрізання території під час планування, греблі (у складі гідровузлів,

для створення водойм різного призначення), канали (судноплавні, меліоративні, для водопостачання), підсипки для формування територій під забудову, дамби з метою захисту земель від повеней тощо.

Оскільки такі споруди мають тривалий термін служби і повинні протягом цього періоду надійно протистояти впливам природного середовища, а також техногенним навантаженням, то їх проектують з дотриманням суворіших норм і правил, аніж тимчасові земляні споруди. До їхнього спорудження висуваються жорсткіші вимоги. Поверхні таких споруд, як правило, мають захисні покриття проти ерозії, абразії та інших негативних впливів. Щоб підкреслити ці особливості, іноді застосовують термін «**якісні насипи**», маючи на увазі передусім земляні елементи таких відповідальних споруд, як греблі, дамби, насипи під дороги тощо.

До тимчасових земляних споруд відносять: котловани і траншеї під фундаменти будинків і споруд; підземні комунікації; водовідвідні канали, які влаштовують на час проведення будівельних робіт; перегати, що огорожують від затоплення водою місця провадження робіт; тимчасові відвали зайвого ґрунту тощо.

**Котловани** – це виїмки без різко вираженої різниці між їх плановими розмірами. Після спорудження фундаменту або підземної частини будинку чи споруди незаповнену частину котловану зворотно засипають ґрунтом.

**Траншеї** (з французької *tranchee*) характеризуються чітко окресленою у плані продовгуватою формою. Їх довжина набагато більша, ніж розміри поперечного перерізу. Вони також підлягають, після закінчення робіт зі спорудження в них конструкцій, подальшому засипанню.

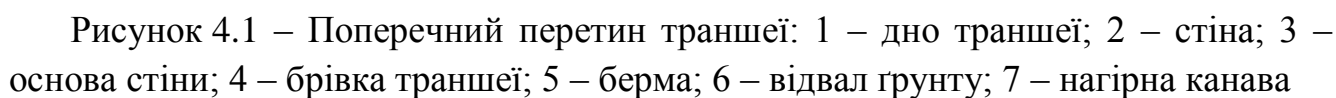
Профілі постійних і тимчасових споруд проектують і будують за чинними нормами і правилами, найголовніші вимоги яких – забезпечення стійкості всіх елементів профілю споруд і запобігання розмиву їхніх поверхонь зливовими водами.

На рисунку 4.1 наведено переріз траншеї, розробленої з однобічним відвалом ґрунту. Стіни траншеї, залежно від її глибини і виду ґрунту, можуть бути

Відношення висоти укосу до відповідного закладання визначає крутість укосу і позначається  $1:m$ , де  $m$  – закладання укосу одиничної висоти. Лінія перетину стіни траншеї з денною поверхнею – це **брівка траншеї**, а лінія перетину стіни траншеї з її дном є **основою стіни**, або її підшовою.

Зазвичай дно траншеї найчастіше буває горизонтальним. Вертикальна лінія, проведена через середину дна траншеї, є **вертикальною віссю траншеї**, її перетин із денною поверхнею дає поздовжню вісь траншеї на місцевості. Для видовжених споруд на зразок доріг, трубопроводів тощо така вісь, якщо вона винесена на місцевість, називається **трасою споруди**.

Між брівкою траншеї і відвалом виїнятого ґрунту, з метою підвищення стійкості стіни траншеї, недопущення сповзання ґрунту в траншею (а іноді й для організації водовідведення), влаштовують горизонтальний, чи близький до горизонтального, майданчик, що має назву **берми** (з польської *berma*).



З нагірного боку траншеї, за необхідності її захисту від зливових вод, влаштовують **нагірну канаву**.

Геометричні та конструктивні елементи котловану визначають аналогічно, як і для траншеї, з тією лише різницею, що реальний котлован може мати три, чотири і більше стін або взагалі бути в плані неправильної форми. Складна конфігурація котловану найчастіше визначається особливостями споруди, що зводиться в ньому, та геологічними умовами майданчика.

**Кювет** (з французької *cuvette*) – це бічна стічна канава трапецієподібного перетину для відведення поверхневих вод з полотна й укосів виїмки дороги.

У разі великої висоти укосу виїмки (5) останній має бути більш пологішим за рахунок створення берми (3) з **водозбірною канавою** (4). Для захисту виїмки від поверхневих вод з її нагірного боку влаштовують з виїнятого ґрунту банкет (рис. 4.2).

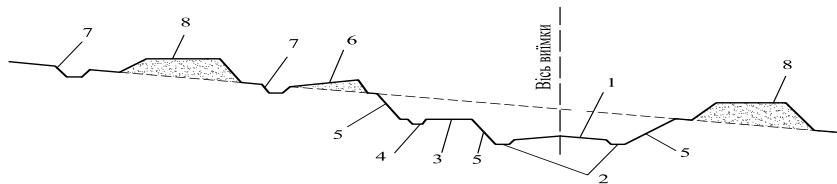


Рисунок 4.2 – Поперечний профіль залізничної виїмки: 1 – зливна призма; 2 – кювет; 3 – берма; 4 – водозбірна канава; 5 – укоси виїмки; 6 – банкет; 7 – нагірні канави; 8 – кавальєри

**Банкет** (з французької *banquette*) – це невисокий земляний вал (6), що слугує для захисту виїмки від стікання в неї поверхневих вод.

З нагірного боку виїмки влаштовують одну або кілька **нагірних канав** (7) для перехоплення та відведення зливових вод.

Ґрунт з виїмки укладають на певній відстані від неї в насипи – кавальєри (8). **Кавальєр** (з французької *cavalier*) – це насип правильного профілю, утворений із зайвого ґрунту виїмки.

Таким чином усі елементи поперечного профілю виїмки мають своє функціональне призначення і слугують для забезпечення її експлуатаційної надійності.

**Резерв** (з французької *reserve*) – це місце, звідки забирається ґрунт під час спорудженні насипу. Поперечні профілі земляного полотна доріг (рисунок 4.3) застосовують і сьогодні, з тією лише різницею, що з огляду на високу механізацію транспортних робіт і жорсткість вимог до охорони навколишнього середовища, ґрунт для насипу часто забирають не з бокових резервів, а з ділянок, де потрібно влаштовувати виїмки, або зі спеціально відведених кар'єрів.

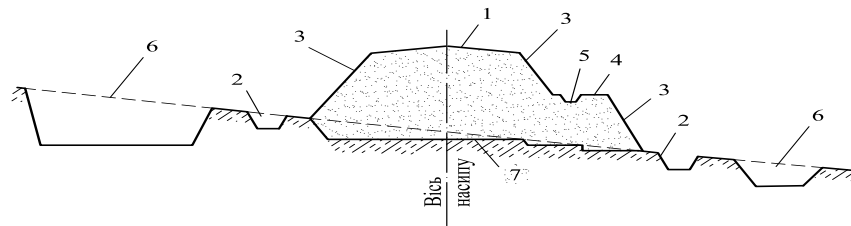


Рисунок 4.3 – Поперечний профіль залізничного насипу: 1 – зливна призма; 2 – кювети; 3 – укоси насипу; 4 – берма; 5 – водозбірна канава; 6 – резерви; 7 – уступи в основі насипу

Розглянуті приклади не вичерпують усього розмаїття земляних споруд. Проте вони показують, що в даному випадку ми маємо справу з дуже відповідальними і складними будівельними системами, аварії на яких спричиняють великі матеріальні і соціальні втрати. Підраховано, що в разі прориву гребель тільки матеріальні втрати становлять близько 10 доларів США на 1 м<sup>3</sup> води, що витекла, не кажучи вже про потенційні людські жертви.

Недбале спорудження дорожнього насипу може призвести до аварії транспортних засобів. Обвалення стін такої найпростішої земляної споруди, як траншея, може травмувати людей.

Не випадково нормативна надійність (безвідмовність) великих гребель не поступається надійності добре відпрацьованих космічних систем. Зі сказаного випливає, що конструктивно-технологічні рішення земляних споруд мають проектуватися і реалізовуватися дуже ретельно і з обов'язковим урахуванням сучасних досягнень технології виконання земляних робіт.

## 4.2 Види і будівельні властивості ґрунтів

Існує єдина класифікація ґрунтів, яка використовується у будівництві. Вона регламентується державним стандартом України ДСТУ Б.В.2.1–2 «Ґрунти.



Класифікація». Відповідно до цього документа класифікація ґрунтів містить шість таксономічних одиниць, що виділяються за групами ознак:

- **клас** – за загальним характером структурних зв'язків;
- **група** – за характером структурних зв'язків (з урахуванням їхньої міцності);
- **підгрупа** – за походженням та умовами утворення;
- **тип** – за речовинним складом;
- **вид** – за найменуванням ґрунтів (з урахуванням розмірів часток і показників властивостей);
- **різновид** – за кількісними показниками речовинного складу, властивостей і структури ґрунтів.

Розрізняють чотири класи ґрунтів:

- **клас природних скельних ґрунтів** (ґрунти з жорсткими структурними зв'язками, в тому числі кристалізаційними або цементаційними);
- **клас природних дисперсних ґрунтів** (ґрунти з водноколоїдними і механічними структурними зв'язками);
- **клас природних мерзлих ґрунтів** (ґрунти з кріогенними структурними зв'язками);
- **клас техногенних ґрунтів**, у тому числі скельних, дисперсних, мерзлих (ґрунти з різними структурними зв'язками, які утворилися в результаті діяльності людини).

#### **4.3 Неприятливі фізико-механічні явища у процесі виконання земляних робіт**

У процесі земляних робіт прагнуть якомога точніше витримати геометричні розміри земляної споруди, зберегти в природному стані ґрунти основи, не завдати збитків навколишньому техногенному і природному середовищам. Для дотримання цих умов необхідно усунути чи мінімізувати несприятливі фізико-механічні явища в ґрунтових масивах, що можуть виникнути під час виконання робіт. Зазначені явища найчастіше пов'язані зі **специфічними властивостями деяких ґрунтів**, а також з **порушеннями напружено-деформованого стану ґрунтових масивів і режиму підземних або поверхневих вод**.

До ґрунтів, що мають специфічні властивості, належать ґрунти з нестійкими структурними зв'язками: **просідні, такі, що набухають, засолені, деякі види елювіальних** та інші. Для них характерно те, що вони під впливом зовнішніх факторів різко і швидко змінюють свою природну структуру.

**Просідний ґрунт** – це ґрунт, який під впливом зовнішнього навантаження і власної ваги, або тільки від власної ваги, при замочуванні водою чи іншою рідиною зазнає швидкої вертикальної деформації (**просідання**), відносна величина якої  $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ . Найпоширенішим у нашій країні різновидом глинистих просідних ґрунтів є лесові відкладення.

**Лес** (від німецького *löss*, що, ймовірно, виникло від *löse* – пухкий, нещільний) – це пористий ґрунт бурувато-палевого чи сірого кольору, з домішкою вапняних часток у вигляді окремих шматочків і трубочок. Легко всмоктує воду і розпушується. У сухому стані тримає вертикальний укіс. Містить до 70 % пилюватих часток. Великі піщані, а також глинисті частки в лесі майже відсутні. Щоб уникнути деформацій лесового просідного ґрунту, розробляти котловани у ньому необхідно тільки після з відведення поверхневих вод з самого котловану та прилеглої території. У таких ґрунтах варто також ретельно планувати укоси, а за великої тривалості робіт - їх ущільнювати та збільшувати, якщо це можливо, крутизну, щоб знизити площу поверхневого водозбору.

**Ґрунт, що набухає** – це ґрунт, який унаслідок замочування водою чи іншою рідиною збільшується в об'ємі і має відносну деформацію в умовах вільного набрякання  $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$ . Із подальшим зниженням вологості ґрунтів, що набухають, відбувається зворотний процес – **усадка**. Внаслідок цього, облаштовуючи котловани в ґрунтах, що набухають, варто передбачати такі самі водозахисні заходи, як і в просідних ґрунтах, а також залишати певний запас глибини, який розробляється безпосередньо перед спорудженням конструкцій.

**Засолені ґрунти** містять солі, які розчиняються у воді, в кількості від 3 до 25 %. Розповсюдженим різновидом засолених ґрунтів є так звані **солончаки**, що являють собою сіро-бурі та чорні ґрунти, які містять велику кількість розчинних солей. У вологому стані солончаки пластичні, липкі і в'язкі, а, висихаючи

тверднуть, утворюючи тріщини і сольовий наліт. Якщо на такі ґрунти впливає потік підземних вод, відбувається вимивання водорозчинних солей, або так звана **хімічна суфозія**, що спричиняє **осідання**, а також зміну фізико-механічних властивостей. Зазначений процес супроводжується, як правило, зниженням міцнісних характеристик ґрунтів. У разі замочування в таких ґрунтах можуть також спостерігатися набрякання або осідання. З цього випливає, що дно котлованів у таких ґрунтах необхідно захищати від поверхневих вод, а з підземними водами варто боротися переважно пасивними методами, наприклад, за допомогою облаштування різних протифільтраційних завіс.

**Елювіальні ґрунти** – це продукти вивітрювання скельних порід, що залишилися на місці свого утворення. Окремі різновиди таких ґрунтів (особливо великоуламкових і сильновивітрених скельних) схильні до зниження міцності під час їхнього перебування у відкритих котлованах. Тому котлован у цьому випадку необхідно рити з недобором й усувати останній безпосередньо перед зведенням конструкцій. Елювіальні супіски і пилюваті піски внаслідок їхнього насичення водою під час розробки котлованів можуть переходити у **пливунний стан** і тоді слід застосовувати спеціальні способи їхньої стабілізації, наприклад, хімічне закріплення чи заморожування. Деякі елювіальні пилюваті піски можуть також виявляти просідні властивості в разі замочування.

Будівництво великих промислових і цивільних споруд часто пов'язане зі спорудженням відкритих котлованів, які **порушують напружено-деформований стан** ґрунтового масиву в зоні робіт. При цьому спостерігаються такі явища, як **опускання** прилеглої до котловану **території**, **деформація укосів**, **підняття дна** котловану.

Спостереження показують, що в піщаних ґрунтах осідання, які виникають унаслідок виконання земляних робіт, не виходять, як правило, за межі відстані, що дорівнює глибині котловану, і не перевищують 0,5 % від його глибини. Проте і ця величина може бути достатньою, щоб спричинити ушкодження розташованих поблизу будинків.

### ***Контрольні запитання:***

1. Перелічіть земляні споруди за їх положенням щодо вихідної позначки провадження робіт.
2. Класифікуйте ґрунти за групами ознак (таксономічними одиницями).
3. Опишіть специфічні властивості ґрунтів з нестійкими структурними зв'язками.
4. Опишіть елювіальні ґрунти.
5. Поясніть явище хімічна суфозія.
6. Охарактеризуйте лесові ґрунти.
7. Перелічіть несприятливі фізико-механічні явища у процесі виконання земляних робіт.

## 5 ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ

### 5.1 Основні правила обчислення об'ємів земляних робіт

Визначення об'ємів земляних робіт є важливим етапом проектування земляної споруди. Дані про об'єми земляних робіт використовують:

- під час порівняння проектних варіантів земляної споруди з метою вибору найбільш економічного рішення;
- для визначення кошторисної вартості виконання земляних робіт;
- для розробки проектів провадження земляних робіт і планування їх виконання;
- під час земляних робіт для розрахунків з працівниками і підрядником.

Правила обчислення земляних робіт регламентуються ДСТУ Б Д.2.2 – 1 «Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи». За цим документом об'єми земляних робіт визначають за проектними даними (робочими кресленнями) обчисленням геометричних об'ємів планування, виїмок і насипів. При цьому загальний об'єм розроблюваного ґрунту поділяють на частини залежно від:

- назви земляної споруди;
- способу виконання робіт;
- класифікації ґрунтів за важкістю їхньої розробки (з урахуванням необхідності попереднього розпушування);
- ступеня природної вологості ґрунтів.

Розробка і переміщення, а також переробка ґрунту можуть виконуватись у такий спосіб:

- **сухорийними механізмами** (екскаваторами, скреперами, бульдозерами, грейдерами тощо) без участі чи з участю транспортних засобів (автосамоскидів, тракторних причепів, поїздів), а також засобів ущільнення (трамбувальних плит, самохідних чи причіпних котків тощо);
- **методом гідромеханізації** (гідромоніторами, землесосними снарядами тощо);
- **вручну**, з використанням ручного чи механізованого інструменту.

Ґрунти, залежно від **важкості** їхньої **розробки** у той чи інший спосіб (сухорийним механізмом, гідромеханізацією або вручну), поділяються на певні **групи**. В основу такого поділу покладено фізичну здатність конкретного землерийного механізму розробляти той чи інший ґрунт без істотного зношення або ушкодження робочих органів і з економічно доцільними витратами машинного часу. Із посиленням важкості розробки зростає і норма часу машини на одиницю продукції.

Для визначення геометричного об'єму ґрунту слід враховувати:

- об'єми з облаштування виїздів і з'їздів у котловани і в'їздів на насипи;
- об'єми недобору і способи його подальшої розробки;
- послідовність планувальних та інших земляних робіт, яка впливає на обчислення глибини виїмок (від чорних чи від червоних позначок).

Віддаль переміщення ґрунту, що суттєво визначає вартість земляних робіт, вважають: з використанням скреперів – рівній половині його шляху (в обидва кінці) за один цикл роботи; з використанням бульдозерів – відстані між центрами ваги виїмки і насипу (відвалу).

Розрізняють **профільний** і **робочий** об'єми земляних робіт.

**Профільним об'ємом** називають сумарний об'єм корисних виїмок і насипів, що мають самостійне конструктивне значення. Це зрізання і підсипання під час планування, дорожні насипи і виїмки, канали, дамби тощо. Профільні об'єми використовують для розрахунків укрупнених показників і кошторисної документації. Профільні об'єми визначають за кресленнями профілів споруд, звідси і назва.

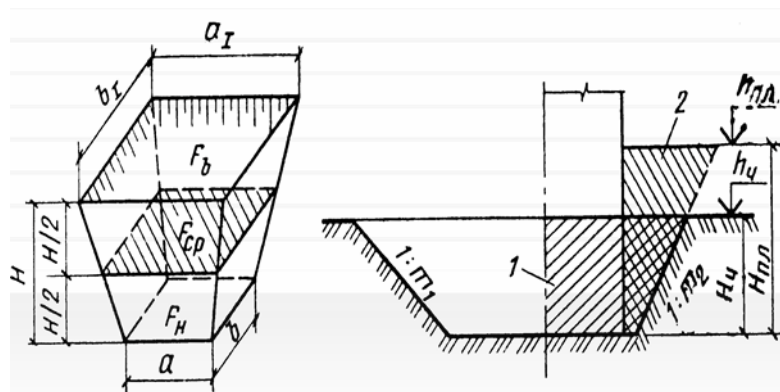
**Робочим об'ємом** є об'єм усього ґрунту, розроблюваного в ціліні, тобто об'єм усіх виїмок, включаючи об'єм постійних, допоміжних, тимчасових споруд, а також супровідних земляних робіт. Сюди відносять зрізання під час планування, дорожні виїмки, канали, котловани, траншеї, зворотну засипку котлованів і траншей, перевали ґрунту тощо. Робочий об'єм обчислюють у щільному тілі ґрунту, що підлягає розробці землерийними машинами або вручну.

## 5.2 Визначення об'ємів земляних робіт

Об'єм прямокутного котловану (рис. 5.1), який розробляють в умовах попередньо спланованої на рельєфі місцевості площадки, розраховують за формулою:

$$V = H/(2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1/6, \quad (5.1)$$

де  $H$  – глибина котловану, що визначається як середня арифметична глибина по кутах котловану, м;  $a, b$  – довжина й ширина котловану по низу (приймати з запасом з двох сторін по 0,5 м);  $a = a + 0,5 \cdot 2a$ ,  $b = b + 0,5 \cdot 2$ ,  $a_1, b_1$  – довжина й ширина котловану по верху, м;  $a_1 = a + 2 \cdot mH$ ,  $b_1 = b + 2 \cdot mH$ ;  $m$  – коефіцієнт укосу (приймати згідно з нормативними вимогами).



*a*

*б*

Рисунок 5.1 – Визначення об'ємів котлованів: *a* – геометрична схема визначення об'єму котловану; *б* – розріз постійного котловану (укос 1 :  $m_2$ ) і тимчасового (укос 1 :  $m_1$ ); 1 – об'єм виїмки; 2 – об'єм засипки

Об'єм зворотної засипки пазух котловану визначають, віднімаючи з об'єму котловану об'єм підземної частини об'єкта, який зводять:

$$V_{ss} = V - (a_1 b_1)H. \quad (5.2)$$

Для розрахунку об'ємів траншей і лінійно-протяжних споруд необхідно

подати поздовжні й поперечні профілі. Поздовжній профіль розділяють на ділянки відповідно з точками перелому по поверхні ґрунту і дну траншеї. Об'єм траншеї на кожній ділянці визначають окремо, а потім їх підсумовують. На рис. 5.2 наведено траншею, що являє собою трапецеїдальний призматойд. Об'єм такої фігури між пунктами 1 і 2 наближено визначають:

$$V_{1-2} = (F_1 + F_2)L_{1-2} \quad (\text{із завищенням}) \text{ або}$$

$$V_{1-2} = F_{\text{ср}} \cdot L_{1-2} \quad (\text{із заниженням}),$$

де  $F_1, F_2$  – площі поперечного перерізу в пункті 1 і 2 відповідно, що визначають як  $F = a \cdot H + H^2 m$ ;  $F_{\text{ср}}$  – площа поперечного перерізу на середині між пунктами.

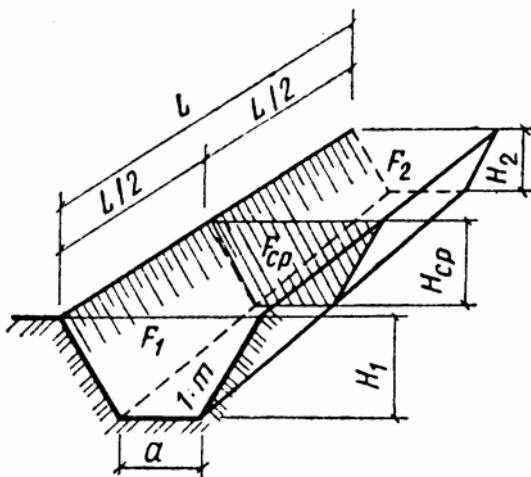


Рисунок 5.2 – Схема визначення об'єму траншеї (лінійно-протяжної споруди)

Більш точно об'єм призматойда може бути визначений за формулою

$$V_{1-2} = F_{\text{ср}} + \left[ m \cdot \left( H_1 + H_2 \right)^2 / 12 \right] \cdot L_{1-2}. \quad (5.3)$$

Для розрахунку об'ємів при вертикальному плануванні площадки її (в плані з горизонталями) розділяють на елементарні ділянки, об'єми робіт яких підсумовують. Такі ділянки можуть бути представлені квадратами чи трикутниками зі стороною 10...100 м (рис. 5.3).



У всіх вершинах квадратів обчислюють робочі позначки  $H$  як різницю між проектними позначками (червоними позначками планування)  $h_{\text{ЧЕР}}$  і чорними (позначками місцевості)  $h_{\text{ЧОР}}$ , що визначають інтерполяцією між горизонталями, а в крайніх ділянках – екстраполяцією. Отже

$$H = h_{\text{ЧЕР}} - h_{\text{ЧОР}} \quad (5.4)$$

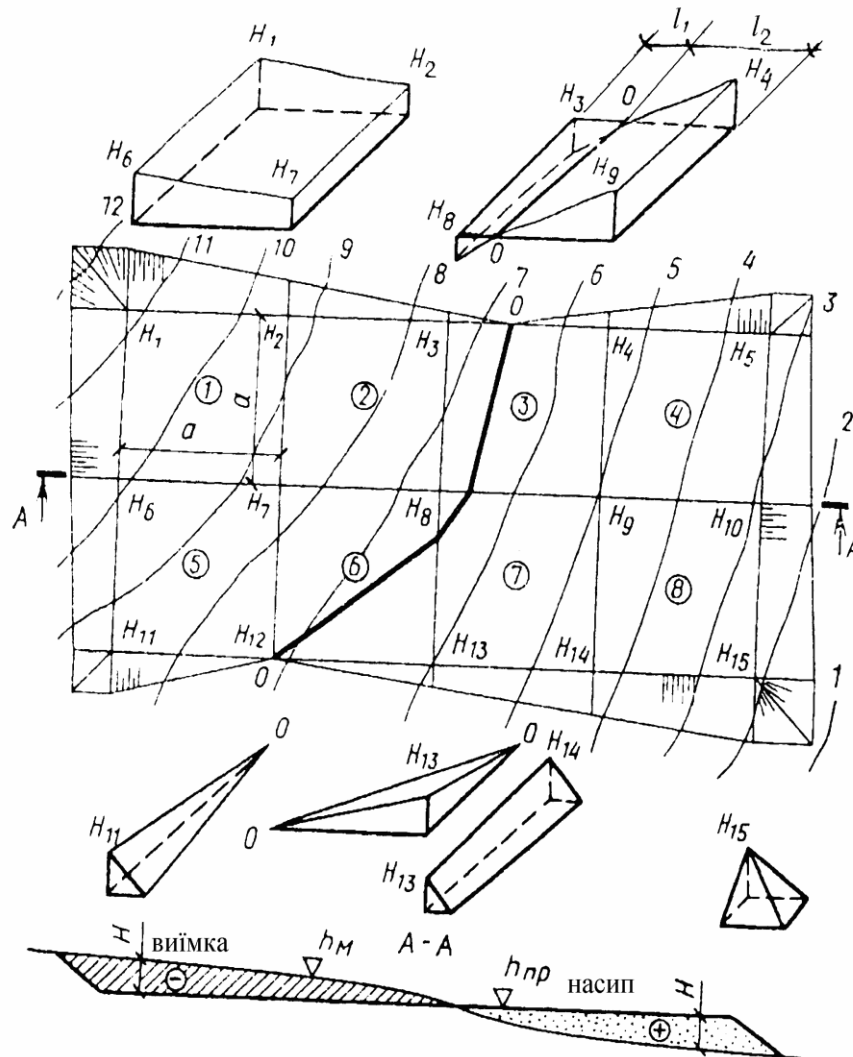


Рисунок 5.3 – План площадки з укосами (з лінією нульових робіт і схематичним представленням геометричних фігур для визначення об'ємів ґрунту, який розробляють)

Знак мінус робочої позначки показує, що вона нижче червоної – проектної позначки (тут необхідно виконати підсипку), а плюс – вище проектної позначки (в цьому випадку треба зрізати ґрунт, створивши виїмку).

Між двома вершинами з робочими позначками різного знака знаходять точку з позначкою, що дорівнює 0 (точку нульових робіт). Такі точки знаходять за правилом пропорційності. Відстань від точки нульових робіт до вершин, що мають відповідні робочі позначки  $H_3$  і  $H_4$ , а також  $H_8$  і  $H_9$ , знаходять, виходячи з подібних трикутників (при цьому  $H_3$  і  $H_4$  приймають за абсолютною величиною):

$$l_1 = a \cdot H_3 / (H_3 + H_4); \quad l_2 = a - l_1, \quad (5.5)$$

де  $l_1$  – відстань від нульової точки до вершини з позначкою  $H_3$ ;  $l_2$  – те ж з позначкою  $H_4$ ,  $a$  – сторона квадрата між вершинами й робочими позначками.

З'єднавши між собою по всій площадці точки з позначкою 0, одержують лінію нульових робіт, що розділяє ділянку на виїмку і насип.

Така лінія розмежовує квадрати на трикутники, трапеції, п'ятикутники, що мають різні розміри й форми. Об'єми фігур, утворені квадратами і їхніми частинами, що відтинаються нульовою лінією, а також об'єми укосів визначають, використовуючи наступні формули:

для цілого квадрата

$$V = F \cdot (H_1 + H_2 + H_7 + H_6) / 4 ,$$

де  $F$  – площа в плані основи квадрату чи відповідної фігури;  
інші фігури, що відтинаються нульовою лінією:

трикутник  $V = F \cdot H_3 / 3 ,$

трапеція  $V = F \cdot (H_4 + H_9) / 4 ,$

п'ятикутник  $V = F \cdot (H_9 + H_{14} + H_{13}) / 4;$

об'єми укосів:

кутовий у вигляді чотиригранної піраміди  $V = m^2 H^3 / 3$ ,

де  $m$  – коефіцієнт закладання укосу;

бічний типа призматоїда  $V = ma(H_{13}^2 + H_{14}^2)/4$

бічний у вигляді тригранної піраміди  $V = m^2 H_{11}^2 / 4$ .

Сума всіх окремих об'ємів являє собою загальний об'єм ґрунту при вертикальному плануванні площадки.

### 5.3 Баланс і розподіл земляних мас

Балансом земляних мас на майданчику називають співвідношення між об'ємом ґрунту, який розробляють у виїмках, й укладених у насипи. Залежно від конкретних умов ефективне значення цього співвідношення може бути різним. З геометричного погляду найраціональнішим є **нульовий баланс ґрунту** на майданчику чи на окремій його ділянці. За нульового балансу об'єм виїмки дорівнює об'єму насипу і, отже, у процесі земляних робіт можна обмежитися переміщенням ґрунту всередині розглянутого майданчика або ділянки. Однак за значних розмірів майданчика і великих об'ємів розроблюваного ґрунту таке рішення може виявитися економічно менш вигідним, ніж коли відбувається певний обмін ґрунтом між майданчиком і зовнішніми кар'єрами та відвалами. У цьому випадку нульовий баланс усередині майданчика не витримується і йдеться про позитивний баланс (усередині майданчика є надлишок ґрунту) чи про негативний баланс ґрунту, коли останній на майданчик необхідно завозити.

Баланс ґрунту на майданчику, з урахуванням його часткового видалення за межі майданчика чи підвозу на нього, складається у вигляді таблиці – дані балансу земляних мас (таблиця 5.1). Таблиця зазвичай ілюструється схемою переміщення ґрунту всередині майданчика і за його межами. Така схема в довільному масштабі показує напрямки, відстані й об'єми переміщення розроблюваного ґрунту. Її називають планом розподілу земляних мас (рисунок 5.4).

Таблиця 5.1 – Дані балансу земляних мас на майданчику

Виймки	Об'єми виймок, м <sup>3</sup>	Насипи та їхні об'єми, м <sup>3</sup>						Разом
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	Відвал № 1	
		10200	20650	7430	5300	3200	6800	53580
№ 1	17630	10200	—	7430	—	—	—	17630
№ 2	10550	—	10550	—	—	—	—	10550
Котлован	15300	—	—	—	5300	3200	6800	15300
№ 1	10100	—	10100	—	—	—	—	10100
Резерв № 1								
Разом	53580	10200	20650	7430	5300	3200	6800	53580

Для складання плану розподілу земляних мас необхідно:

- 1) призначити планувальні площини;
- 2) визначити об'єми планувальних робіт (виймок і насипів);
- 3) обчислити об'єми постійних і тимчасових земляних споруд;
- 4) окреслити, виходячи з конкретних умов, можливі резерви і відвали ґрунту;
- 5) визначити середню відстань переміщення ґрунту як між центрами ваги виймок і насипів.

Відтак аналізують отриману інформацію про фізичні об'єми ґрунту і середні відстані переміщення його окремих об'ємів, прагнучи знайти такий варіант, який забезпечував би мінімальний об'єм загальної роботи з переміщення.

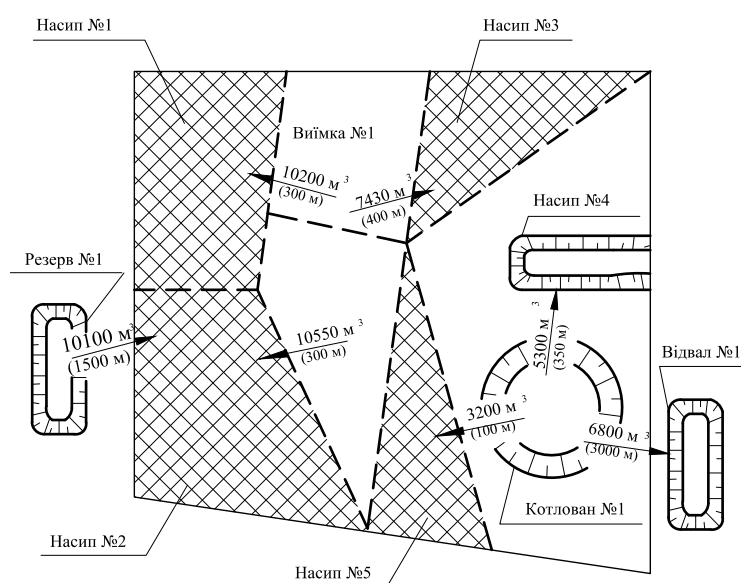


Рисунок 5.4 – Схема розподілу земляних мас на будівельному майданчику, напрямок переміщення ґрунту, його об'єм, відстань переміщення (в дужках)

Аналіз починають з об'єднання виїмок і насипів в окремі взаємопов'язані за кубатурою групи і встановлення трас, якими переміщуватиметься ґрунт. При цьому керуються такими принципами, як взаємне тяжіння виїмок і насипів між собою, варіанти найкоротших відстаней, не перетинання трас тощо. Всі варіанти порівнюють за сумарною роботою переміщення  $W$  ґрунту чи за еквівалентною їй величиною середньої відстані перевезення  $l_{cp}$ , які обчислюються за формулами:

$$W = \sum v_i l_i; \quad (5.6)$$

$$l_{cp} = \frac{\sum v_i l_i}{\sum v_i}. \quad (5.7)$$

У разі значних розмірів майданчика може виявитися доцільним такий варіант, коли ґрунт з окремих ділянок виїмки укладається в прилеглі до майданчика відвали, а потреба в насипах компенсується з найближчих резервів.

У загальному випадку слід враховувати, що мінімізація робіт з переміщення ґрунту  $W$  ще не гарантує досягнення мінімуму собівартості земляних робіт загалом. Це пояснюється тим, що вартість переробки  $1 \text{ м}^3$  ґрунту істотно залежить від способу розробки і переміщення, виду і потужності застосовуваних машин. Різні типи машин мають свою сферу раціонального використання залежно від геометричних розмірів земляних споруд і їхніх елементів, групи ґрунту за важкістю розробки, відстані переміщення, потужності машин й інших умов. Причому відстань переміщення ґрунту – один з істотних показників для вибору машин. Так, бульдозери ефективно використовують за середньої відстані переміщення ґрунту на 10 – 70 м; причепні скрепери – 50 – 1000 м; самохідні скрепери – 50 – 3000 м; автосамоскиди – 0,5 – 5 км. На вибір землерийних машин істотно впливає ринок будівельних послуг, де в момент будівництва може не виявитися послуг з переробки ґрунту машинами потрібних типу і потужності, а їхнє придбання може бути економічно не вигідним.

## 5.4 Тимчасові кріплення виїмок

Під час спорудженні в сухих ґрунтах котлованів і траншей, крутизна укосів яких перевищує межі, необхідно, для умов безпечності провадження робіт і збереження техногенних та природних об'єктів, що безпосередньо прилягають або близько розташовані, кріпити бічні стінки цих виїмок. Кріплення необхідні також у мокрих ґрунтах, незалежно від глибини виїмки.

До тимчасових кріплень виїмок у ґрунтах належать такі кріплення, які запобігають обваленню і деформаціям бортів тимчасових земляних споруд. **Тимчасові кріплення**, як правило, не входять до конструктивної системи підземних частин будинків і споруд, які зводять у створюваній виїмці, і після закінчення будівельних робіт їх демонтують або, за неможливості демонтажу, залишають.

На відміну від тимчасових кріплень, виділяємо такі конструкції, як **огороження глибоких котлованів (траншей)**. Ці конструкції тривалий час утримують стінки виїмок, залишаються в ґрунті після зведення підземних частин будинків і споруд, іноді входять до їхньої конструктивної системи, як, наприклад, стіни підземних поверхів, споруджених методом «стіна в ґрунті». Такі конструкції ми розглянемо окремо, а в цьому параграфі йдеться лише про тимчасові кріплення.

У сухих ґрунтах, що можуть обвалюватись, для тимчасових кріплень використовують здебільшого дерев'яні, а іноді й металеві елементи. Для траншей і котлованів застосовують такі типи кріплень:

- 1) горизонтальне несучільне і суцільне кріплення;
- 2) вертикальне рамне;
- 3) вертикальне суцільне;
- 4) вертикальне багатоярусне;
- 5) забійне, у тому числі із забиванням коротких дощок;
- 6) комбіноване кріплення: горизонтальне з посиленням нижньої частини забійним;

7) кріплення вертикальними двотавровими балками з огороженням горизонтальними дошками;

8) шпунтове.

**Горизонтальне кріплення** облаштовують для траншей у сухих ґрунтах за глибини виїмки більше 2 м. Якщо ґрунт зберігає вертикальні стінки і глибина траншеї не перевищує 3 м, то кріплення виконують горизонтальними дошками з проміжками. Це **несуцільне горизонтальне кріплення** (рисунок 5.5).

У сухих ґрунтах, що мають здатність до осипання, а також у тому випадку, коли траншея залишається відкритою протягом тривалого часу, горизонтальне кріплення роблять **суцільним** (рисунок 5.6). За горизонтального кріплення тиск від ґрунту передається на горизонтальні дошки і через них – на вертикальні стояки, що утримуються горизонтальними розпірками. Щоб уникнути переміщень ґрунту, розпірки ретельно розклинюють. Перерізи всіх елементів кріплення визначають розрахунком.

З метою підвищення оборотності елементів кріплень палубу виконують з інвентарних щитів, а вертикальні стояки і горизонтальні розпірки мають бути металевими, її з'єднують у розпірну раму, розпірки оснащують гвинтовим пристроєм для створення після монтажу рами розпірного зусилля.

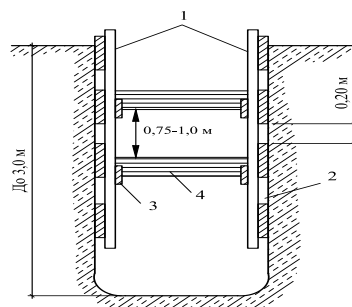


Рисунок 5.5 – Тимчасове горизонтальне несучільне кріплення: 1 – вертикальна дошка; 2 – проміжок між горизонтальними дошками; 3 – ошпунки; 4 – розпірки

**Вертикальне рамне кріплення** застосовують у сухих ґрунтах за глибини траншеї до 3 м, коли траншея розробляється механізованим способом і має залишатися у відкритому стані нетривалий час. Суть способу полягає в тому, що по ходу розробки траншеї відразу на всю глибину в неї опускають вертикальні

елементи у вигляді готових рам, які повторюють контур траншеї. Роботи можуть виконуватися без спускання робітників у незакріплену траншею (рисунок 5.7).

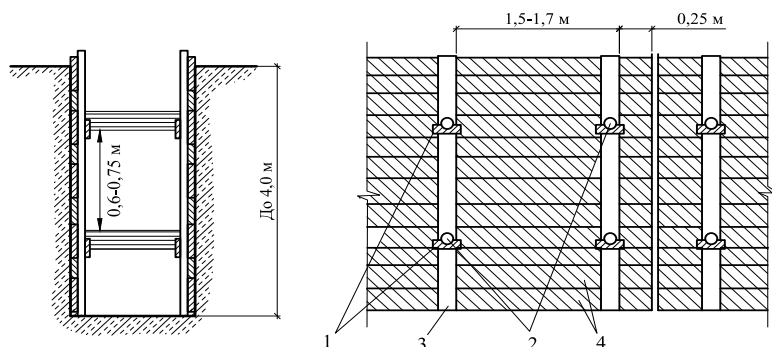


Рисунок 5.6 – Тимчасове горизонтальне суцільне кріплення: 1 – оцупки; 2 – розпірки; 3 – вертикальні дошки; 4 – горизонтальні дошки

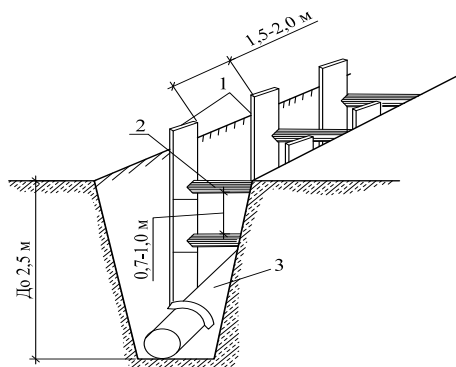


Рисунок 5.7 – Тимчасове рамне кріплення траншеї: 1 – вертикальні елементи рам; 2 – розпірки; 3 – трубопровід

**Вертикальне суцільне кріплення** застосовують для глибоких траншей у сипучих ґрунтах, коли горизонтальне кріплення не достатньо безпечне, а подача дощок на велику глибину може бути ускладненою. Таке кріплення, на відміну від горизонтального, зводиться не зверху вниз, а в горизонтальному напрямку, відразу на всю глибину траншеї. Це зручно за механізованої розробки ґрунту. Тиск ґрунту за такого кріплення сприймається горизонтальними поясами і розпірками.

У разі великої глибини траншеї, а також наявності водонасичених ґрунтів у її нижній частині, вертикальне суцільне кріплення ділять на декілька ярусів, що підвищує стійкість бортів траншеї. Таке кріплення називають **багаторярусним вертикальним суцільним кріпленням**. **Забивне кріплення** траншейних виїмок застосовують у слабких водонасичених ґрунтах, в які можна забивати дощаті



елементи вручну чи невеликими механічними пристроями. За такого кріплення дощаті елементи завжди забивають нижче передбачуваної позначки розробки ґрунту, щоб уникнути напливу ґрунту у виїмку. В міру поглиблення виїмки вертикально забиті дошки або дощаті палі кріпляться горизонтальними поясами і розпівками.

У випадку пливунних ґрунтів дощаті палі доцільно виготовляти з пазом і гребенем. Їх зручно забивати пневматичними інструментами. Щоб уникнути розмочалювання голівок цих палей, їх оснащують кільцями зі смужової сталі.

Для проходження колодязів і шурфів у водонасичених ґрунтах забивне кріплення виконують короткими дошками, які забивають з певним нахилом до вертикальної осі виробки.

За наявності водонасичених ґрунтів у нижній частині траншеї її кріплення виконують **комбінованим способом**: у верхній частині це горизонтальне дощате кріплення, а в нижній – облаштовують забивне кріплення.

Для розробки широких траншей значної глибини добре зарекомендував себе спосіб кріплення з **вертикальними двотавровими сталевими стояками і дерев'яним закладанням**, або так званий «берлінський» спосіб кріплення. Таку назву він отримав тому, що широко застосовувався в Німеччині у будівництві ліній метрополітену неглибокого закладення. Суть способу можна описати так. По лінії стін виїмки забивають чи забурюють сталеві двотаврові балки, між якими в процесі розробки ґрунту заводять горизонтальні дошки завтовшки 5 – 7 см. Дошки розклинюють між ґрунтом і поличками балки. Стійкість балок забезпечується розпівками або іншим способом. Для підвищення опору балок зрушенню і нахилу вони можуть у процесі забурювання бетонуватись у свердловині нижче позначки дна майбутньої виїмки.

Для розробки виїмок у ґрунтах, насичених водою, застосовують **шпунтові огорожі**. Крім зміцнення стін виїмки, вони також знижують приплив ґрунтової води, захищають основу від руйнування фільтраційним потоком. Шпунтові огорожі складаються з окремих шпунтин, що занурюються в ґрунт до розробки виїмки на глибину нижче її проектного дна шляхом забивання, віброразанурення чи

задавлювання за допомогою спеціальних машин чи пристроїв. Шпунтові стінки для тимчасового кріплення виїмок можуть бути дерев'яними або частіше – сталевими.

**Дерев'яні шпунти** використовують у регіонах, багатих лісом. Їх роблять з дощок завтовшки близько 8 см чи брусів завтовшки 10 – 24 см. Довжина шпунтів визначається глибиною занурення і зрідка перевищує 8 м, тому що ліс більшої довжини зазвичай у дефіциті.

У сучасному будівництві виїмок у складних гідрогеологічних умовах найчастіше застосовують **сталеві шпунтові огорожі**. Шпунти прокочують довжиною до 22 м, а поступовим стикуванням їхню довжину можна доводити до 35 – 40 м.

Ширина профілю шпунта по центрах замків найчастіше становить 400 – 600 мм. Замки, якими шпунтини з'єднують між собою у процесі занурення, забезпечують роботу шпунтового ряду на розтягування, що уможливорює застосування сталевих шпунтів у найскладніших умовах. Водонепроникність шпунтової стінки забезпечується поступовим замулюванням замків, а також, за необхідності, конопаченням їх у міру видалення води з виїмки.

У процесі виконання земляних робіт установлювати тимчасові кріплення (крім шпунтових огорож, які виконуються до початку розробки виїмок) необхідно в напрямку зверху вниз, у міру розробки виїмки. Кріплення слід розбирати в зворотному напрямку, тобто знизу нагору, в міру зворотного засипання виїмки.

#### ***Контрольні запитання:***

1. Поясніть якими способами виконується розробка, переміщення, а також переробка ґрунту.
2. Розкрийте сутність профільного і робочого об'ємів земляних робіт.
3. Розрахуйте об'єм прямокутного котловану.
4. Розкрийте сутність нульового балансу ґрунту.
5. Розрахуйте об'єм траншеї.
6. Перерахуйте які застосовують типи кріплень для траншей і котлованів.
7. Охарактеризуйте горизонтальне несучільне і суцільне кріплення.
8. Поясніть відмінність вертикального рамного, вертикального суцільного і вертикального багатоярусного кріплення.
9. Охарактеризуйте комбіноване кріплення: горизонтальне з посиленням нижньої частини забійним.

## 6 БЕТОНІ І ЗАЛІЗОБЕТОНІ РОБОТИ

### 6.1 Структура й зміст технологічних процесів зведення монолітних залізобетонних конструкцій

Бетон і залізобетон є основними матеріалами в сучасному будівельному виробництві. Широке їх застосування зумовлене високими фізико-механічними показниками, довговічністю, можливістю виготовлення різноманітних будівельних конструкцій та архітектурних форм. Із залізобетону зводять фундаменти, підпірні стінки, тунелі, каркаси житлових, адміністративних й промислових будинків, конструкції монументальних скульптур тощо. За способами виконання робіт бетонні й залізобетонні конструкції поділяють на збірні, монолітні та збірно-монолітні. Будівництво з монолітного бетону й залізобетону економічне – потребує менших затрат на створення промислової бази (до 40 %), менше енергетичних витрат (на 25-30 %) і менше витрат металу (на 20-40 %) ніж на будівництво зі збірних конструкцій.

**Комплексний процес бетонування конструкцій** складається з взаємозалежних між собою заготівельних, транспортних і монтажних-укладальних робіт.

Технологічний комплексний процес зведення монолітних бетонних будівель охоплює заготівельні, транспортні й монтажні-укладальні процеси. **Заготівельні процеси** виконують, як правило, в заводських умовах. Це виготовлення елементів опалубки, риштувань, арматури, приготування бетонної суміші, виготовлення елементів до розігрівання бетону, відновлення елементів опалубки багаторазового використання. **Транспортні процеси** полягають у доставлянні з місць виготовлення до будівельного майданчика опалубки, риштувань, арматури, бетонної суміші. **Монтажно-укладальні процеси** – це встановлення опалубки, монтаж арматури, укладання бетонної суміші, догляд за бетоном, розбирання опалубки. Ефективність бетонних і залізобетонних робіт залежить як від технологічного рівня кожного окремого процесу, так і від ступеня узгодженості їх виконання. Зведення монолітних конструкцій є досить трудомістким процесом. Добовий виробіток одного працівника становить 0,5-2 м<sup>3</sup>.

Залежність технології від кліматичних умов спричинена насамперед впливом температури й вологості повітря на швидкість твердіння бетону. За серед добових температур  $+5...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості понад 50% бетонні роботи виконують за звичайною технологією. Для запобігання пересиханню і забезпечення нормальних умов вологості в літніх умовах (понад  $+28^{\circ}\text{C}$ ) потрібні спеціальні заходи для захисту бетонної суміші.

## 6.2 Влаштування опалубки

**Опалубка** – це тимчасова допоміжна конструкція для забезпечення форми, розмірів і положення в просторі монолітної конструкції, що зводять.

**Опалубка** має задовольняти **таким вимогам**: внутрішні контури повинні відповідати проектним розмірам конструкції, якість внутрішньої площини опалубних форм – забезпечувати потрібну якість зовнішньої поверхні монолітної конструкції, міцність опалубки має бути достатньою для забезпечення незмінності розмірів і форми конструкції, конструкція опалубки повинна забезпечувати мінімальні витрати на її влаштування, бути багатооборотною. **За конструктивними особливостями** буває опалубка неінвентарна індивідуальна та інвентарна, розбірно-переставна, підйимально- переставна, об'ємно-переставна, блокова, котюча, пневматична. **Індивідуальна** опалубка для спорудження складних конструкцій, неповторювальних форм. **Незнімна** опалубка – з формоутворювальних елементів (плит, шкарлуп, блоків) після бетонування утворює з конструкцією одне ціле.

**Розбірно-переставна** опалубка складається з окремих щитів, підтримувальних елементів і кріплень. Існує **два види** розбірно- переставної опалубки – дрібнощитова та великощитова.

**Дрібнощитова** має елементи до 50 кг, може бути встановлена вручну. Основним елементом великощитової опалубки є великорозмірна панель площею  $S = 40\text{ м}^2$ , яку встановлюють за допомогою крана.

**Ковзна опалубка** – під час переміщення за висотою не відділяється від конструкції, яку бетонують, а ковзає по її поверхні за допомогою підймальних пристроїв. Застосовують для бетонування висотних споруд.

Опалубні роботи виконують спеціалізованими ланками. Кількісний склад визначається обсягом робіт і термінами їх виконання. Види опалубки (рис. 6.1).

Установлюють опалубку в проектне положення щоб осі, нанесені на основі й опалубці, збіглися. Перед бетонуванням опалубка приймається майстром з перевіркою відповідності геометричних розмірів, правильності розташування відносно осей, цільності стиків.

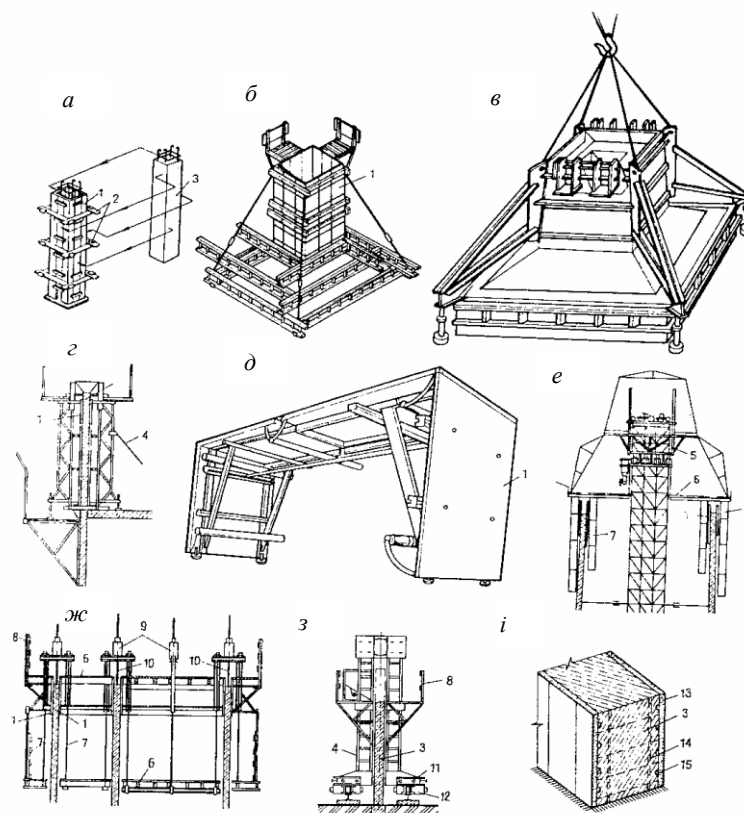


Рисунок 6.1 – Види опалубки: *а* – розбірно-переставна; *б* – опалубка ЦНДІОМТВ; *в* – блок-форма для влаштування фундаментів під колони; *г* – великощитова; *д* – об'ємно-переставна; *е* – підйомно-переставна; *ж* – пересувна ковзна; *з* – пересувна котюча; *і* – опалубка-оздоблення; 1 – щити опалубки; 2 – хомути; 3 – забетонована частина конструкцій; 4 – підтримуючі конструкції; 5 – підйомник; 6 – робочий настил; 7 – підвісні риштування; 8 – огороження; 9 – домкрати; 10 – домкратні стержні; 11 – візки; 12 – котки; 13 – опалубка-облицювання; 14 – арматурний каркас; 15 – анкеруючі петлі

### 6.3 Армування конструкцій

Види арматури, арматурних виробів та їх монтаж.

У залізобетонних конструкціях арматуру розташовують у розтягнутій зоні для сприйняття розтягуючого напруження. Поєднання бетону й сталевोї арматури забезпечує високу міцність конструкції при стиску, розтягу й вигині. В деяких випадках арматуру використовують для посилення бетону проти стискальних зусиль для сприйняття усадочних, температурних, транспортних та інших тимчасових і постійних навантажень.

За умовами роботи арматуру підрозділяють на **ненапружувану** і **напружувану**. Ненапружувану арматуру застосовують у звичайних залізобетонних конструкціях, а також у попередньо напружених, де вона є неробочою. Як напружувану доцільно використовувати арматуру з високоміцної сталі, яка може сприймати максимальні розтяжні зусилля.

За **призначенням** арматуру залізобетонних конструкцій поділяють на робочу, яка сприймає головним чином розтяжні зусилля, що виникають у процесі експлуатації конструкції, розподільну – для розподілу зусиль між робочою арматурою, закріплення стержнів у каркасі й забезпечення їхньої спільної роботи, а також для сприйняття поперечних зусиль і запобігання косим тріщинам у бетоні (хомути), монтажну – для забезпечення проектного положення окремих стержнів при збиранні плоских і просторових каркасів.

**Залежно від способу виготовлення** арматуру підрозділяють на стержневу, яку виготовляють гарячою прокаткою сталі й дротову, яку одержують волочінням у холодному стані. Стержневу й дротову арматуру випускають гладкою і періодичного профілю (рис. 6.2).

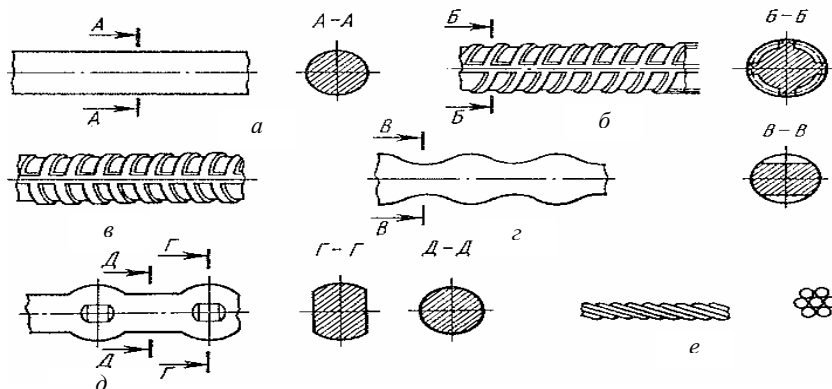


Рисунок 6.2 – Профілі арматури: а – гладка кругла; б, в – гарячекатана періодичного профілю, класів А-ІІ і А-ІІІ; г, д – сплющений дріт; е – пасмова семидротова

Стержневу арматуру підрозділяють на: гарячекатану (класів А-І, А-ІІ, А-ІІІ, А-ІV, У), термічно зміцнену (класів Ат-ІV, Ат-V, Ат-VІ), термічно зміцнену витяжкою (класів А-ІІв і А-ІІІв).

Дротову арматуру підрозділяють на: арматурний дріт з низьковуглецевої сталі круглу класу В-І, В-ІІ і періодичного профілю Вр-І і Вр-ІІ; арматурні пасма семидротові класу К-7 і 19-дротові класу К-19, а також канати класу К-2, К-3 і Кп.

Марки сталі містять умовні позначення їхнього хімічного складу. Буквами позначають метали, що входять до складу сталі. Перші цифри в марці показують середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка, цифри праворуч від букви – середній вміст металів у відсотках.

Арматурні сталі класів А-І, А-ІІ, А-ІІІ, В-І, Вр-І використовують як ненапружену арматуру в звичайних і попередньо напружених конструкціях.

Високоміцну арматуру гарячекатану класу А-V марок 80С, 20ХГ2Ц, 23Х2Г2Т, термічно зміцнену класів Ат-ІV, Ат-V, Ат-VІ застосовують у попередньо напружених конструкціях. Робочу арматуру в попередньо напружених конструкціях застосовують у вигляді пасом канатів і стержнів.

Залізобетонні конструкції армують арматурними виробами заводського виробництва; плоскими й гнутими сітками, плоскими й просторовими каркасами й різними типами закладних деталей (рис. 6.3).

Деякі арматурні вироби уніфіковані, а їхнє виробництво централізоване. До них відносять важкі й легкі сітки. Їх виготовляють у вигляді плоских елементів і в рулонах. Довжина плоских сіток – до 9 м, рулонні сітки виконують шириною від 1 до 3,8 м і масою рулону від 900 до 1300 кг.

Каркаси збирають з уніфікованих важких і легких сіток і стержнів у вигляді замкнутих, прямокутних і криволінійних конструкцій, а також зі змінним перерізом за довжиною. Криволінійними каркасами армують спеціальні конструкції (наприклад, палі, труби). Їх виготовляють намотуванням і зварюванням арматури у вигляді спіралі по утворюючих поздовжніх стержнів. Металеві закладні деталі різної конфігурації виконують зі сталевих пластин, до яких приварюють анкерні стержні. За допомогою анкерних стержнів деталі закріплюють у бетоні. Допускається кріплення закладної деталі в бетоні без стержнів шляхом зварювання з робочою арматурою.

Зведення вертикальних конструкцій, фундаментів, стін, колон та ін. пов'язане з виконанням великого обсягу арматурних робіт. Їх армують просторовими чи плоскими каркасами.

Процес монтажу таких виробів передбачає такі технологічні операції: розвантаження і подача виробів у зону роботи крану, установка в проектне положення і з'єднання стиків зварюванням, перевірка якості робіт і здачі до наступних робіт.

Відомий ряд способів, які полегшують монтаж арматури. Арматурні каркаси колон (рис. 6.4) установлюють при опалубці, відкритій з однієї чи з двох сторін. Каркаси опускають у опалубку зверху. Вертикальні стержні з'єднують з випусками арматури фундаменту, використовуючи отвори, розташовані в нижній бічній частині опалубки колон.

Важкі каркаси фундаментів монтують, використовуючи монтажний кран і самобалансуючу траверсу.



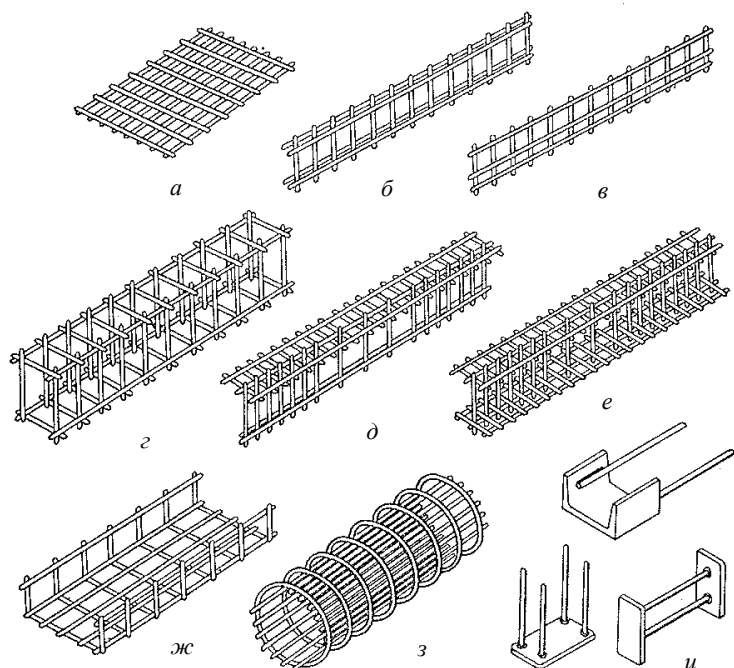


Рисунок 6.3 – Види арматури і їхній монтаж:

*а* – плоска сітка; *б, в* – плоскі каркаси; *г* – просторовий каркас; *д, е* – просторові каркаси типового й двотаврового перерізів відповідно; *ж* – гнута сітка, *з* – просторовий каркас, гнутий з сіток; *и* – закладні деталі

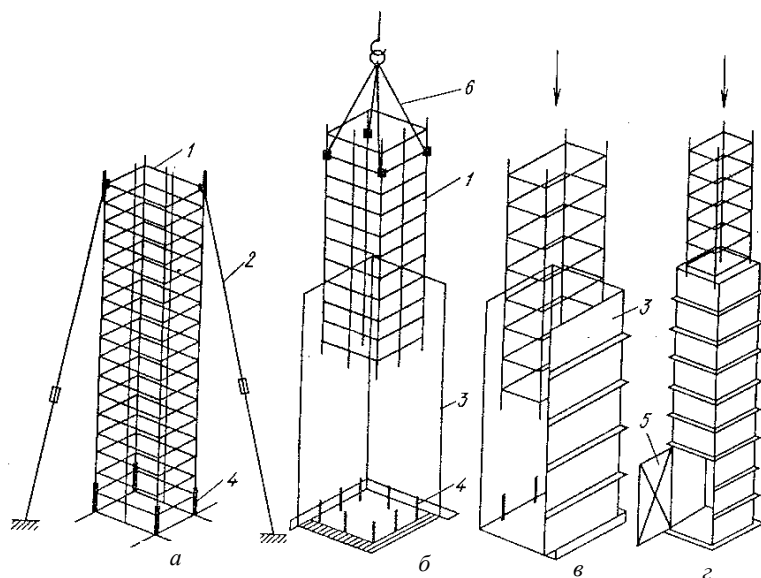


Рисунок 6.4 – Технологічна схема монтажу арматурних каркасів колон: *а* – установка каркаса в проектное положение с вивіркою розкосами; *б* – те ж у опалубку з двох щитів; *в* – те ж у опалубку з трьох щитів; *г* – при повністю змонтованій опалубці; 1 – арматурний каркас; 2 – розкоси для вивірки й тимчасового кріплення; 3 – щити опалубки; 4 – випуски арматури; 5 – знімний щит для влаштування стиків арматури; 6 – строповочний пристрій

## 6.4 Приготування та транспортування бетонної суміші

Бетонну суміш готують на автоматизованих бетонних заводах, у авто – бетонозмішувачах, які завантажені сухими компонентами на бетонних заводах, а також у окремих бетонозмішувачах.

Заводи товарного бетону обслуговують будівництво в радіусі 20-30 км.

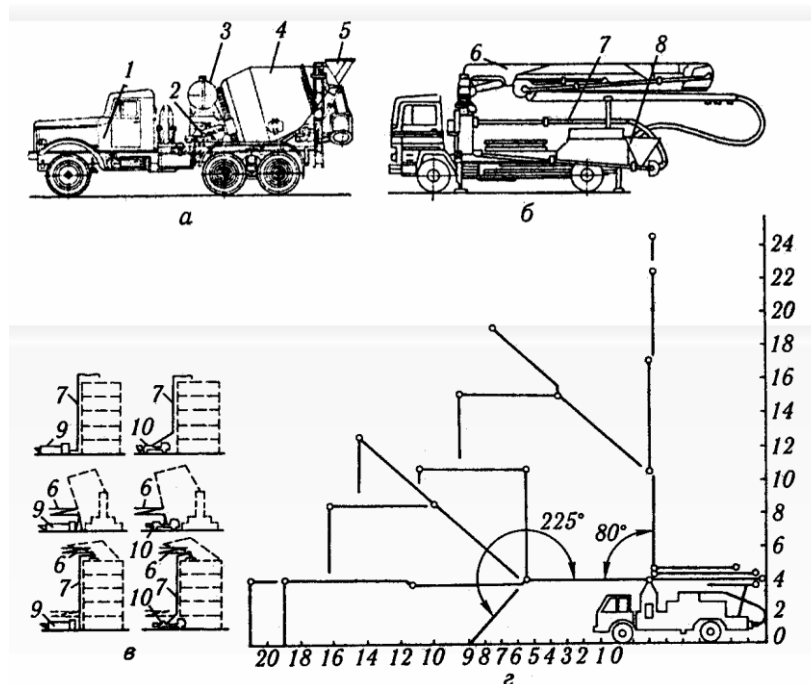


Рисунок 6.5 – Транспортування бетонної суміші: *а* – автобетонозмішувач; *б* – автобетононасос; *в* – основні типи бетононасосного устаткування; *г* – автономна розподільна стріла й зона її дії; 1 – базовий автомобіль; 2 – привід піднімання; 3 – бак для води; 4 – бетонозмішувальний барабан; 5 – отвір для навантаження; 6 – шарнірно-зчленована стріла; 7 – бетоновід; 8 – приймальний бункер; 9, 10 – автобетононасос

Транспортують бетонну суміш з заводів звичайно в автобето- нозмішувачах. Їх використовують для транспортування сухої суміші до 70 км, приготування з неї в дорозі готової бетонної суміші, а також для перевезення готової суміші на менші відстані (30 км) (рис. 6.5).

У межах будівельного майданчика бетонну суміш транспортують бетононасосами, кранами в баддях, пневмонагнітачами.

Бетононасоси подають суміш у всі види конструкцій, в місця, недоступні іншим засобам механізації. Це високопродуктивна машина (10-95 м<sup>3</sup>/год.) безперервної дії, призначена до подачі бетонної суміші на відстань 250-400м і на висоту до 50-100м по трубопроводах.

Існують три види установок – стаціонарні, причепні й самохідні. Стаціонарні установки продуктивністю понад 20-40 м<sup>3</sup>/год використовують при значних обсягах конструкцій (5000-10000 м<sup>3</sup>). Конструкції обсягом 500-1000 м<sup>3</sup> застосовують як стаціонарні, так і причіпні бетононасоси продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год. Бетонування розсереджених конструкцій обсягом не менше 50 м<sup>3</sup>, а також подачу бетонної суміші у важкодоступні місця раціонально виконувати із застосуванням причіпних і самохідних бетононасосів, які оснащені інвентарними шарнірно-зчленованими розподільними стрілами.

Автобетононасоси – це установки з бетононасосом і розподільною шарнірно-зчленованою, гідравлічною повноповоротною стрілою, що змонтовані на шасі автомобіля (рис. 6.5). Мобільність і можливість подавання бетонної суміші на відстань до 27 м і висоту до 23 м забезпечують високу ефективність використання їх для бетонування різноманітних конструкцій.

Нормальна експлуатація установок забезпечується при транспортуванні бетонних сумішей рухливістю 8-15 см, що відповідає вимогами її переміщення по трубопроводу на максимальній відстані.

Крановий спосіб подачі бетонної суміші (інтенсивність до 20 м<sup>3</sup>/добу) використовують для бетонування різноманітних конструкцій, будинків, споруд. Бетонну суміш транспортують у баддях об'ємом 0,5-3 м<sup>3</sup>. Баддя – це зварна металева конструкція, що складається з корпусу, каркаса, заслінки, важеля. Бадді бувають поворотні й неповоротні. Поворотні бадді заповнюють бетоном з транспортних засобів у горизонтальному положенні.

Для бетонування невеликих монолітних конструкцій (площею 5-8 м<sup>2</sup>) раціонально використовувати переставні стрічкові конвеєри.

Пневмотранспортування бетонної суміші забезпечує простоту керування процесом. Пневмонагнічувачі застосовують для подачі бетонної суміші у

важкодоступні ділянки споруд, при бетонуванні тунелів, закладанні стиків і т.д. При дальності подачі до 200 м і висоті до 35 м продуктивність такої системи подачі складає 10-20 м<sup>3</sup>/год. Застосовують різноманітні способи пневмотранспортування: в сухій суміші тверді частинки матеріалу обдувають повітряним потоком і вони в завислому стані переміщуються по трубопроводу; жорстку бетонну суміш подають у трубопровід порціями, які рухаються під тиском стиснутого повітря; рухома в'язкопластична суміш транспортується суцільною масою стиснутим повітрям.

Для транспортування сухої суміші використовують цемент- гармати й набризк-машини. Готові суміші транспортують розчинонасосом з пневматичною приставкою, а також камерними пневмонагнітачами.

## **6.5 Бетонування конструкцій**

Безпосередньо перед укладанням бетонної суміші контролюють стан опалубки, опалубку й арматуру очищують, бетонні й горизонтальні поверхні робочих швів звільняють від цементної плівки, перевіряють захисні пристосування. Внутрішню поверхню опалубки зменшують спеціальними мастилами для зниження зчеплення з нею бетону.

Технологія укладання бетонної суміші залежить від виду, розмірів і положення конструкцій, кліматичних умов, властивостей суміші. Бетонну суміш укладають горизонтальними шарами, окремими смугами в один шар або одночасно на всю висоту конструкції чи блока бетонування.

Товщину горизонтальних шарів визначають способами для ущільнення. В разі використання вертикально розміщених вібраторів товщина шару має бути на 5-10 см меншою за довжину робочої частини вібратора, а для ручних глибинних вібраторів – не повинна перевищувати 1,25 довжини їхньої робочої частини. В разі ущільнення поверхневими вібраторами суміш укладають шарами до 250 мм завтовшки в конструкціях з одинарним і до 120 мм – з подвійним армуванням. Укладають бетонну суміш безперервно на весь об'єм конструкцій чи в межах окремих ділянок.

Ущільнення бетонної суміші забезпечує щільність і однорідність бетону. Як правило, бетонну суміш ущільнюють вібруванням протягом 30-100 сек. Під дією вібрації суміш розріджується, з неї виділяється повітря, при цьому опалубка щільно заповнюється. Для ущільнення бетонної суміші використовують вібратори трьох типів: внутрішні (глибинні), поверхневі і зовнішні (рис. 6.6).

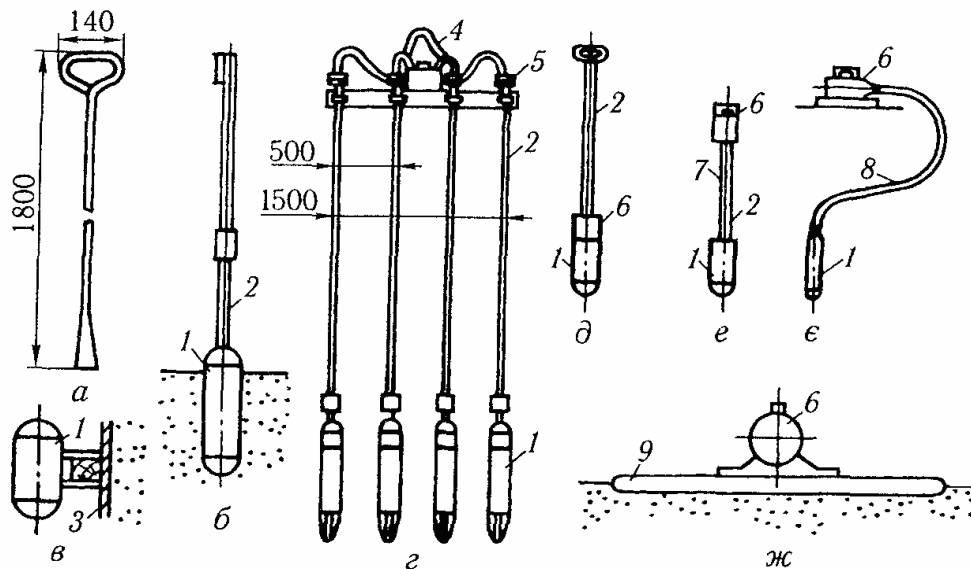


Рисунок 6.6 – Засоби ущільнення бетонної суміші: *а* – шурник; *б* – глибинний (внутрішній) вібратор; *в* – зовнішній вібратор; *г* – пакет глибинних вібраторів; *д* – глибинний вібратор з двигуном, улаштованим у наконечник; *е* – те саме, з двигуном, винесеним до держака; *ж* – поверхневий вібратор; 1 – корпус вібратора; 2 – штанга; 3 – опалубка; 4 – підвіска; 5 – затискач; 6 – двигун; 7 – штанга з жорстким валом; 8 – гнучкий вал; 9 – металева плита

Внутрішні вібратори застосовують при бетонуванні різноманітних конструкцій, ручні – для конструкцій невеликих розмірів, пакети вібраторів – для бетонування масивних конструкцій.

Поверхневі вібратори використовують у разі бетонування плит покриття, підлог, доріг.

Зовнішні вібратори закріплюють з зовнішньої поверхні опалубки і застосовують у разі бетонування густоармованих тонкостінних конструкцій.

Вакуумування бетонної суміші є одним з ефективних методів її оброблення, який дає змогу видалити з укладеної і вже ущільненої вібрацією суміші 10-20 % надлишкової (вільної) води. Це значно поліпшує фізико-механічні властивості бетону: відразу після вакуумування бетон досягає міцності 0,3-0,5 МПа, що достатньо для розпалублення вертикальної поверхні й деяких видів оброблення; прискорюється твердіння бетону; зменшуються деформації усадки; підвищується морозостійкість. Вакуумування виконують за допомогою вакуум-установки, яка створює розрідження повітря, та поверхневих чи внутрішніх способів вакуумування. Для вакуумування тонкостінних конструкцій завтовшки 250 мм як засіб вакуумування застосовують вакуум-щити опалубки, які встановлюють з одного боку конструкції, а для масивних конструкцій використовують внутрішнє вакуумування за допомогою вакуум-трубок. Для вакуумування плит перекриття і підлог застосовують вакуум-мати.

Улаштування робочих швів (рис. 6.7). Поверхня між раніше укладеним затверділим і свіжоукладеним бетоном називається робочим швом і є найвідповідальнішою складовою процесу бетонування.

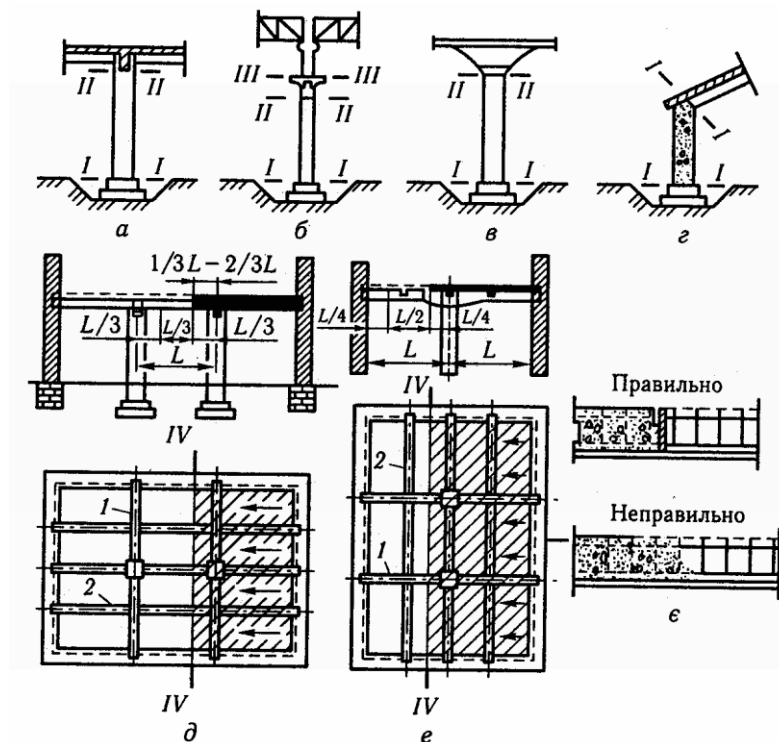


Рисунок 6.7 – Розміщення робочих швів у процесі бетонування: а – колон і балок ребристого перекриття; б – колон з підкрановими балками; в – колон з

безбалковим перекриттям;  $z$  – стояка й ригеля рами;  $d$  – ребристого перекриття в напрямку, паралельному балкам;  $e$  – те саме, в напрямку, паралельному прогонам;  $\epsilon$  – деталі влаштування робочого шва; 1 – прогін; 2 – балка; 3 – дошка; I - I...IV - IV – місця влаштування робочих швів

Перерви в укладанні бетонної суміші, що виникають через технологічні й організаційні умови чи під впливом випадкових чинників, можуть призвести до порушень монолітності конструкцій внаслідок: недостатньої адгезії бетону до поверхні між попереднім і наступним укладеними шарами; порушення зв'язків між часточками бетону, що твердне й арматурою попереднього шару під впливом динамічних зусиль під час укладання бетонної суміші наступного шару; різного напрямку деформацій усадки бетону в суміжних шарах, що спричиняє розтяжні зусилля, які послаблюють зону стику. Все це підвищує вимоги як до розміщення стиків у конструкції, так і до технології їх виконання.

Робочі шви вертикальних елементів (колон, пілонів) мають бути горизонтальними й перпендикулярними до граней елемента, як правило, на рівні верху фундаменту й низу прогонів балки чи капітелі. В балках, прогонах, плитах робочий шов розміщують вертикально, тому що його нахил послаблює конструкцію. Балки й плити звичайно бетонують одночасно; якщо балки високі, горизонтальний робочий шов улаштовують на 20-30 мм нижче від нижньої поверхні плити.

Бетонування в місцях утворення робочого шва поновлюють після того, як бетон попередньо укладеного шару набуде потрібної міцності (як правило, 1,5 МПа; за нормальних умов твердіння і температури бетонної суміші 20-30°C на це потрібно 18-24 год.). Перед початком бетонування з поверхні раніше укладеного бетону видаляють цементну плівку.

Місця з'єднання попередньо укладеного й свіжого бетону рекомендують влаштовувати в місцях дії менших сил перерізу.

## 6.6 Догляд за бетоном

Догляд за бетоном здійснюють у початковий період його твердіння. Він має забезпечувати: підтримання волого-температурних умов твердіння; запобігання виникненню значних температурно-усадкових деформацій і тріщин; оберігання бетону, що твердне, від ударів, струшувань, які можуть погіршити його якість. При цьому залежно від виду конструкцій, кліматичних умов, типу цементу вживають різних заходів для запобігання зневоднюванню бетону, а також передачі на нього зусиль і струшувань. Наприклад, улітку в помірній кліматичній зоні бетон на звичайному портландцементі зрошують водою впродовж семи діб, на глиноземистому – трьох діб, на шлакопортландцементі – півтори доби. За температури повітря вищої за  $15^{\circ}\text{C}$  у перші три доби бетон зрошують удень через кожні три години й один раз уночі, а в наступні дні – не менше ніж три рази на добу.

Великі горизонтальні поверхні замість зрошення можна покривати захисними плівками (водно-бітумною емульсією, етиоловим лаком, полімерними плівками). У випадку покриття поверхні бетону вологостійкими матеріалами (рогожею, матами, тирсою) перерви між зрошенням збільшують у 1,5 рази. Влітку бетон також захищають покриттями від дії сонячного проміння, а взимку – від морозу. Для запобігання дії навантажень на бетон рух по ньому людей або устанавлення риштувань чи опалубки дозволяють тільки після досягнення укладеним бетоном міцності не менше 1,5 МПа.

Контроль якості передбачає фіксацію міцності укладеного бетону. Його здійснюють двома методами – руйнівним і неруйнівним.

За руйнівного методу випробовують зразки кубиків бетону (звичайно розмірами  $15 \times 15 \times 15$  см), серії яких виготовляють під час бетонування конструкцій і зберігають в умовах, однакових з умовами витримування бетону конструкцій.

Неруйнівний метод застосовують для контролю міцності бетону безпосередньо в конструкції.



## 6.7 Бетонування в зимових умовах

За мінусових температур замерзання води в бетоні, який твердне, призводить до виникнення внутрішніх сил, що порушують кристалічні новоутворення. Під час відтавання і подальшого твердіння при нормальних умовах ці новоутворення повністю не відновлюються. Крім того, порушується зчеплення із зернами заповнювача й арматурою, що знижує міцність бетону, його щільність, стійкість і довговічність.

Якщо бетон до замерзання набирає потрібної початкової міцності, то зазначені вище процеси не впливають на нього негативно. Мінімальна міцність, за якої замерзання бетону не є небезпечним, називається критичною. Критична міцність залежить від класу бетону, виду конструкції та умов експлуатації і становить 30-100 %: для бетонних і залізобетонних конструкцій і бетону класів В30 і В40 – 30 %, а для конструкцій, до яких ставляться спеціальні вимоги з морозостійкості, газо- та водонепроникності, – 100 %.

Для забезпечення умов, при яких бетон набуває критичної міцності, застосовують спеціальні методи приготування, подавання, укладання і витримування бетону. Готуючи бетонну суміш у зимових умовах, температуру підвищують до 35-40°C підігріванням води до 90°C і заповнювачів – до 60°C. Бетонну суміш транспортують при можливості без перевантажень. Місця навантаження і розвантаження суміші захищають від вітру, а засоби подавання в конструкції утеплюють.

Бетонування слід виконувати безперервно й високими темпами, при цьому раніше укладений шар бетону слід перекрити до того, як у ньому температура стане нижчою за передбачену.

Витримування бетону виконують за допомогою різних методів. Метод термоса застосовують для бетонування масивних бетонних і залізобетонних конструкцій, модуль поверхні яких у разі укладання суміші на портландцементі не перевищує – 6, а на швидкотверднучому портландцементі – 10. Модуль поверхні конструкції визначають за відношенням відкритої поверхні конструкції до її об'єму. При цьому методі бетонну суміш з температурою 25-45°C укладають

в утеплену опалубку. Завдяки теплоті, яка внесена бетоном і виділяється цементом (явище екзотермії), бетон набуває критичної міцності раніше, ніж у будь-якій частині конструкції, температура бетону знижується до 0°C.

Метод термоса економічний і простий у виробництві, оскільки не потребує спеціального устаткування для обігрівання бетону в конструкціях, його обслуговування і витрат електроенергії, пари й палива.

Різновидами цього методу є термос з застосуванням хімічних добавок і гарячий термос, які дають змогу поширити використання цього методу на конструкції з великим модулем поверхні.

Метод термоса із застосуванням хімічних добавок полягає у використанні сумішей з хімічними добавками, які прискорюють твердіння бетону, знижують температуру замерзання рідкого компонента бетонної суміші та забезпечують твердіння бетону за температури, нижчої від 0°C.

Як добавки до бетону широко використовують карбонат калію (поташ), нітрит натрію, хлориди кальцію і натрію, а також нітрит кальцію, аміачну воду, нітратнітритхлорид кальцію та інші хімічні речовини.

Хімічні добавки становлять до 2-3 % маси цементу і діють як прискорювачі твердіння, що дає змогу бетону швидко набрати міцності. Якщо ввести більшу кількість добавок (3-15 % від маси цементу), точка замерзання суміші знижується, в результаті бетон твердне за низьких температур – близько 5...25 °C. Такі добавки називають протиморозними. Бетонуючи армовані конструкції, перевагу віддають добавкам, які не спричиняють корозії арматури (наприклад, поташу, нітриту натрію).

Застосування добавок обмежене в конструкціях з попередньо напруженою арматурою, а також у конструкціях, які експлуатують у агресивних середовищах, зонах блукаючих струмів і під дією постійного струму.

Слід також урахувати, що застосування добавок може зумовити появу висолів на поверхні конструкції.

Метод гарячого термоса полягає в короткочасному розігріванні бетонної суміші перед її укладанням до температури 60-90 °C, ущільненні її в гарячому

стані й подальшому термосному витримуванні. Бетонну суміш розігрівають на будівельному майданчику з застосуванням спеціальних електроустановок у кузовах автомобілів чи в баддях. Такий метод використовують для конструкцій з модулем поверхні до 12.

Якщо метод термоса неефективний, застосовують метод термооброблення бетону. Електропрогрівання бетону засноване на використанні теплоти, що виділяється в бетоні під час проходження крізь нього електричного струму. Найпоширенішими є електродне й індукційне прогрівання.

## **6.8 Безпека праці та контроль якості під час виконання бетонних робіт і залізобетонних робіт**

Лабораторний контроль якості при виконанні бетонних і залізобетонних робіт повинен бути ретельним на всіх стадіях виробничого процесу.

Контролюють якість бетонної суміші в місця приготування і після її транспортування в місця укладання, готовність ділянок споруди для бетонування (наявність підготовленої основи, відповідність проекту арматури, закладних частин, пристроїв для утворення монтажних отворів і т.д.).

Усі основні дані про бетонування конструкції заносять до журналу виконання бетонних робіт. Якість бетонної суміші перевіряють шляхом контролю дозування на бетонному заводі й рухомості бетонної суміші в місцях приготування та укладання. Міцність покладеного бетону оцінюють за результатами випробувань контрольних зразків на стиск. Контрольні зразки у вигляді кубів розміром 20×20×20 см виготовляють у місці бетонування конструкцій і зберігають в умовах, близьких до умов витримування конструкцій.

Для кожної марки бетону виготовляють серію з трьох зразків- близнюків. Бетон вважається таким, що витримав випробування, якщо середня міцність контрольних зразків буде не нижче 85 % проектної.

Приблизно міцність бетону в конструкції можна визначити механічним приладом, дія якого заснована на врахуванні глибини лунки, що утворилася в бетоні при ударі бойка приладу.

Неруйнівні методи контролю дозволяють контролювати якість бетону безпосередньо в конструкціях неруйнівними методами. До цих методів відносяться акустичний (імпульсний), радіометричний і СВЧ-поглинання.

Ультразвукові (акустичні) випробування зводяться до визначення швидкості поширення ультразвукових хвиль у досліджуваному матеріалі за попередньо складеними тарувальними залежностями, швидкість поширення ультразвуку - міцність бетону.

Радіометричні випробування засновані на тому, що гамма-промені, проходячи крізь бетонну суміш, втрачають інтенсивність випромінювання внаслідок поглинання і розсіювання. Зі збільшенням ступеня ущільнення суміші зростає поглинання гамма-променів.

Метод СВЧ-поглинання заснований на принципі ослаблення енергії надвисокої частоти при проходженні через контрольований матеріал. Застосування цього методу дозволяє здійснювати автоматичний контроль вологості бетону й сипких матеріалів.

Виконуючи опалубні, арматурні, бетонні роботи й роботи з розпалублення, потрібно контролювати кріплення риштувань, їх сталість, правильне влаштування настилу, драбин, огороження.

Щитову опалубку колон, ригелів і балок з пересувних драбин допускається встановлювати на висоті над рівнем землі чи перекриттям не більше 5,5 м. Працювати на висоті 5,5-8 м дозволяється з пересувних помостів, а на висоті понад 8 м опалубку монтують з помостів завширшки не менше 0,7 м, укладених на підтримувальне риштування і забезпечених огороженням. Якщо влаштовують опалубку стін, риштування слід встановлювати через кожні 1,8 м по висоті. Влаштовуючи опалубки залізобетонних склепінь, куполів, помостів з огороженням треба розміщувати на горизонтальних поперечках підтримувальних риштувань.

#### ***Контрольні запитання:***

1. Назвіть з чого складається комплексний процес бетонування конструкцій.
2. Поясніть термін «опалубка» і перелічіть які вимоги ставлять до неї.
3. Перелічіть конструктивні особливості опалубки.

4. Опишіть арматуру за умовами роботи і призначенням.
5. Класифікуйте арматуру залежно від способу виготовлення.
6. Поясніть які технологічні операції має процес монтажу.
7. Опишіть своїми словами процес приготування та транспортування бетонної суміші.
8. Поясніть технологію укладання бетонної суміші.
9. Догляд за бетоном
10. Опишіть яким чином доглядають за бетоном.
11. Розкажіть про особливості бетонування в зимових умовах.
12. Розкажіть про безпеку праці та контроль якості під час виконання бетонних робіт і залізобетонних робіт.

## **7 ГІДРОМЕХАНІЗОВАНІ ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ**

### **7.1 Технологічні особливості й галузь застосування гідромеханізації земляних робіт**

Гідромеханізація є яскраво вираженим комплексно механізованим виробничим процесом переробки ґрунту.

Гідромеханізація земляних робіт має низку важливих технологічних особливостей, що визначають сферу її ефективного застосування.

Засоби гідромеханізації дають змогу розробляти підводні виїмки без дорогих осушувальних і водознижувальних робіт на глибину від 1 м (для малих землесосних снарядів) до 60 м і більше (для спеціальних землесосних снарядів).

Гідромеханізація уможливорює подачу ґрунту з великою інтенсивністю, зокрема на важкодоступні для автомобільного транспорту ділянки, наприклад, у вузькі пазухи споруд, на болотисту місцевість тощо. При цьому ґрунт укладається з досить високою щільністю, без застосування якихось додаткових засобів для його ущільнення. Поряд з цим можна також організувати фракціонування намивного ґрунту, що дуже важливо для спорудження гребель, оскільки дає змогу намивати ядро греблі з слабопроникних пілуватих і глинистих часток.

Недоліком гідромеханічного способу переробки ґрунту є більша, ніж у разі розроблення сухорийними машинами, залежність від характеру розроблюваного ґрунту. Так, на продуктивність землесосних снарядів впливають міцність і в'язкість ґрунтів, а також їхня засміченість великоуламковими включеннями або рослинними залишками. Ефективність роботи засобів гідромеханізації також істотно залежить від температурних умов.

І нарешті, для роботи гідромеханізованих установок необхідно мати достатні за дебетом джерела водопостачання або штучно створювати системи водопостачання з кругообігом, коли та сама вода використовується неодноразово. Це знижує потребу у воді в кілька разів (2 – 3 рази), але потребує додаткових витрат на створення оборотного водопостачання.

Технологічні особливості визначають сферу застосування гідромеханізації у будівництві. Цей метод широко застосовується в гідротехнічному будівництві для

намивання гребель, перемичок, розроблення котлованів під споруди і канали, створення акваторій, засипання пазух гідротехнічних споруд, заповнення шпунтових осередків, а також видобутку нерудних будівельних матеріалів. Аналогічні роботи ведуться під час спорудження циркуляційних ставків, розроблення каналів для водопостачання у процесі будівництва великих теплових й атомних електростанцій. У промисловому будівництві гідромеханізацію використовують для планування території, розчищення торф'яних боліт, спорудження насипів.

Останніми роками гідромеханізацію широко використовують в інженерній підготовці територій під міське будівництво. Великі роботи з намивання територій ведуться в Києві. Тут на намитих у заплаві Дніпра землях побудовані такі великі житлові масиви міста, як Оболонь, Троєщина, Осокорки, Позняки та інші.

Розрізняють кілька видів гідромеханізованих робіт:

- гідромоніторні;
- землесосні;
- комбіновані із сухорийними машинами.

У першому випадку ґрунт розробляється струменем води, що викидається гідромонітором, у надводному вибої, далі самопливом або ґрунтовим насосом подається до місця укладання.

У другому випадку ґрунт розробляється в підводному вибої, всмоктується землесосним снарядом і перекачується до місця укладання у вигляді пульпи. Переважна частина гідромеханізованих робіт у будівництві виконується землесосним способом.

Комбінований спосіб полягає в тому, що ґрунт розробляється екскаватором, скрепером або іншою землерийною машиною в сухому вибої чи черпаковою машиною в підводному вибої, а вода застосовується тільки для транспортування й укладання ґрунту. Цей спосіб відкриває широкі можливості підготовки оптимальних ґрунтових сумішей для намивання якісних земляних споруд.

Крім вищезазначених способів, ґрунт під водою розробляють також черпаковими і грейферними снарядами, канатно-скреперними установками, гідромоніторно-ежекторними установками, ерліфтами, ежекторними і пневматичними ґрунтососами (з допомогою водолазів) та іншими технічними засобами. Галузь застосування цих засобів охоплює днопоглиблювальні роботи на річкових і морських акваторіях, видобуток нерудних матеріалів з-під води, розробку підводних траншей і котлованів, виїмку ґрунту з опускних колодязів, оболонок тощо.

## 7.2 Гідромоніторні роботи

Схема гідромонітора наведена на рисунку 7.1. Воду підводять до нижнього коліна гідромонітора, з'єданого шарніром 1 з верхнім коліном так, що верхнє коліно може повертатися щодо нижнього коліна навколо вертикальної осі. Верхнє коліно шарніром 3 з'єднується з конічним стовбуром, на кінець якого нагвинчується насадка, що формує струмінь. Конструкція шарніра 3 дає змогу повертати стовбур у вертикальній площині. Шарніри 1 і 3 обладнані герметизуючими пристроями. Проточна частина гідромонітора має конструкцію, що дає можливість з невеликими гідравлічними втратами створити компактний струмінь води. Зниження гідравлічних втрат досягається правильним вибором геометричних форм і ретельною обробкою проточної частини гідромонітора.

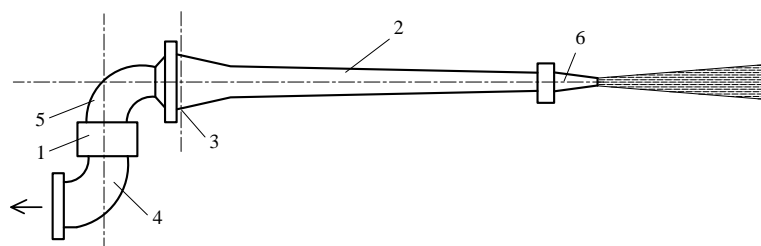


Рисунок 7.1 – Схема гідромонітора: 1, 3 – шарніри; 2 – стовбур; 4 – нижнє коліно; 5 – верхнє коліно; 6 – насадка

Існує гідромонітор з дистанційним управлінням, яке здійснюється за допомогою гідроциліндрів.



Для підвищення маневреності моніторів великої потужності, що важливо в умовах мокрої підшви вибою, розроблено варіант розміщення моніторної установки на гусеничній платформі.

Розрізняють дві принципові схеми розмиву ґрунту гідромонітором: у випадку зустрічного вибою – розмив здійснюють знизу вверх (рисунок 7.2, а), а в разі попутного вибою – зверху вниз (рисунок 7.2, б).

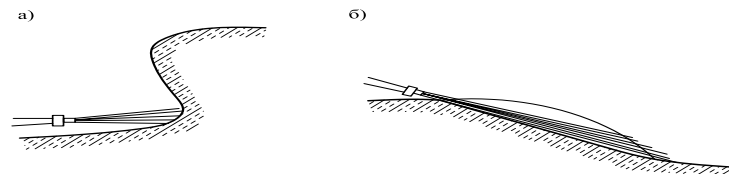


Рисунок 7.2 – Схема розмиву ґрунту гідромонітором: а – знизу вверх; б – зверху вниз

За умови зустрічного вибою гідромонітор установлюють на підшві вибою. У цьому випадку напрямок руху струменя гідромонітора протилежний напрямку руху потоку пульпи. Рух пульпи від вибою до зумпфа перекачувальної станції забезпечується за рахунок нахилу підшви вибою. Величина цього нахилу залежить від величини часток ґрунту, що розмивається, і змінюється від 1,5 % для глинистих ґрунтів до 7 % – для гравійних.

У випадку зустрічного способу розмиву ґрунту кути між струменем гідромонітора і стінкою вибою близькі до прямих, тому процес розмиву дуже інтенсивний. У нижній частині утворюються вруби, які спричиняють обвалення ґрунту. Подальший розмив обваленого ґрунту відбувається особливо інтенсивно.

Поступове зменшення нахилу підшви вибою неминуче призводить до утворення недомивів, для розроблення яких доводиться застосовувати додаткові гідромонітори або бульдозери.

За попутного вибою гідромонітор установлюють у верхній точці вибою. Напрямок руху струменя гідромонітора збігається з напрямком руху пульпи, що містить розмитий ґрунт, завдяки чому не потрібно великих нахилів підшви вибою. За такого способу розмиву монітори завжди перебувають на сухому місці. До недоліків розмиву тут варто віднести значне, порівняно з першим способом,

зниження інтенсивності розмиву і неможливість використання такого явища, як обвалення вибою.

Іноді застосовують комбіновані способи розмиву ґрунту, коли вдається поєднати переваги зустрічного і попутного вибою.

Залежно від важкості розроблення гідромоніторами всі ґрунти поділяють на 6 груп. Попередньо розпушені, не злежалі ґрунти відносять до 1 групи. Витрата води для їх розроблення становить  $4,5 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  ґрунту. Напір на гідромоніторі має бути не менше 30 м. Найважче піддаються розробленню гравійні піски і напівжирні глини, що належать до 6-ї групи. Для їх розроблення необхідно витратити  $12,6 \text{ м}^3$  води на  $1 \text{ м}^3$  ґрунту з тиском на гідромоніторі до 100 м. Інші ґрунти (піски, супіски, суглинки) за важкістю розроблення і, відповідно, за витратою ресурсів посідають проміжне місце.

Ґрунт, розмитий гідромонітором, подається до місця укладання спеціальними установками, які обладнані ґрунтовими насосами. За достатньої різниці позначок підшови вибою і місця укладання ґрунт, який розмито струменем гідромонітора, самопливом стікає до місця його подальшого транспортування по каналах і лотках.

### **7.3 Землесосні роботи**

Найбільш поширений у будівництві землесосний спосіб виконання земляних робіт. У цей спосіб виконується більше 95 % усіх гідромеханізованих робіт.

Землесосний снаряд (рисунок 7.3) являє собою землерийно-транспортну машину неперервної дії. Вона розробляє ґрунт у підводному вибої й переміщує суміш ґрунту з водою (пульпу) трубопроводом до місця укладання.

Землесосні снаряди можуть розробляти ґрунт тільки під водою. Розроблення ґрунту в підводному вибої передбачає відділення часток ґрунту від масиву, засмоктування їх разом з водою й перекачування плавучим та береговим пульпопроводами у відвал. Для виконання різних видів землесосних робіт, що відрізняються умовами розроблення, обсягами та категорією ґрунтів, а також дальністю транспортування, існують земснаряди різних типорозмірів і

конструкцій. Земснаряди відрізняються не тільки за продуктивністю і напорами, а й ґрунтозабірними пристроями, які призначені для розроблення ґрунтів від 1 до 8 категорій включно. Окремі земснаряди, наприклад, призначені спеціально для розроблення гравійно-піщаних кар'єрів, виконання днопоглиблювальних робіт і транспортування ґрунту на значні відстані тощо.

Створено конструкції повністю розбірних земснарядів, що забезпечує можливість швидкого їх перевезення сухопутним транспортом.

За видом застосовуваного приводу земснаряди поділяють на електричні й дизель-електричні. Такі земснаряди широко застосовуються для днопоглиблювальних робіт і в іригаційному будівництві. У будівельній гідромеханізації головно використовують земснаряди з електричним приводом.

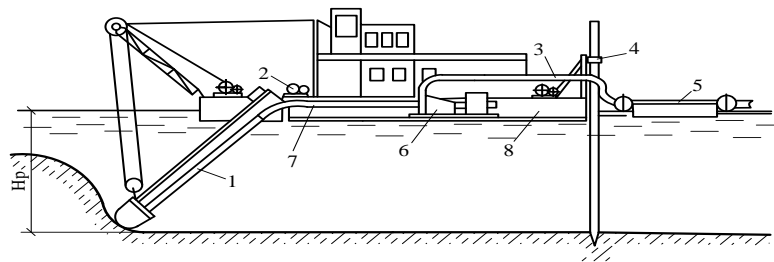


Рисунок 7.3 – Схема землесосного снаряда: 1 – ґрунтозабірний пристрій; 2 – лебідка; 3 – напірний пульпопровід; 4 – пальовий хід; 5 – плавучий пульпопровід; 6 – ґрунтовий насос; 7 – всмоктувальний пульпопровід; 8 – корпус

Продуктивність земснаряда визначається об'ємом перекачуваної ним протягом години пульпи і кількістю розроблюваного за цей час ґрунту. Маркуючи земснаряд, звичайно продуктивність за ґрунтом вважають рівною 10 % його продуктивності за пульпою.

Другою важливою характеристикою земснаряда є напір, що розвивається ним, виражений у метрах водяного стовпа. Чим більший напір може створити земснаряд, тим на більшу відстань він перекачуватиме пульпу. Земснаряд найчастіше маркують двома округленими цифрами, що відображають його середню продуктивність за ґрунтом і напір, який він може розвивати. Це маркування умовне, оскільки із зміною виду ґрунту і геодезичної висоти підняття пульпи земснаряд змінюватиме одночасно і напір, і продуктивність.

Третьою важливою характеристикою земснаряда є глибина розроблення ґрунту від поверхні води, що насамперед залежить від довжини ґрунтозабірного пристрою. Ґрунтозабірні пристрої обладнують всмоктувачами з гідравлічними або механічними розпушувачами. Останні мають порівняно більшу вагу, що знижує технічні можливості істотного збільшення довжини ґрунтозабірного пристрою. Тому для розбірних будівельних земснарядів продуктивністю до 200 м<sup>3</sup>/год за ґрунтом глибина розроблення механічними пристроями обмежується 6 – 8 м. Серійні днопоглиблювальні снаряди працюють до глибини 15 м, а спеціальні земснаряди, що використовують ежекторні пристрої, і до більших глибин.

Недоліком землесосного способу робіт є залежність його ефективності від фізико-механічних властивостей розроблювальних ґрунтів і їхньої засміченості рослинними та техногенними включеннями. Наявність у піщано-гравійних ґрунтах навіть незначної кількості валунів (1 %), які мають розмір більше прохідного перерізу робочого колеса ґрунтового насоса, зумовлює часті засмічення насоса, що різко знижує ефективність землесосних робіт.

Перед початком землесосних робіт проводять інженерно-геологічні дослідження споруджуваних кар'єрів або виїмок. Визначаючи послідовність розроблення окремих ділянок кар'єру, прагнуть до збереження приблизно однакових умов (стосовно напорів) для роботи землесосного снаряда. На ділянках, що прилягають до водної поверхні, не потрібно ніяких попередніх робіт для введення землесосного снаряда в роботу. На ділянках, розташованих на певній відстані від водойми, попередньо виконують проріз і готують котловани для введення в кар'єр земснаряда. Ширину прорізу визначають залежно від габаритів землесосного снаряда.

Розроблення вибою починають із заглиблення ґрунтозабірного пристрою на задану позначку. В разі коливання горизонту води в робочій водоймі відповідно корегують величину занурення ґрунтозабірного пристрою.

Землесосні снаряди переміщують із урахуванням низки вимог: забезпечити з достатньою точністю рух ґрунтозабірного пристрою заданою траєкторією з регульованою швидкістю; зусилля мають бути достатніми для подолання опорів,

що виникають під час розроблення ґрунту, а також усіх інших навантажень (течія, вітер тощо); звести до мінімуму холості рухи, інакше кажучи, рухи ґрунтозабірного пристрою по раніше вироблених ділянках вибою.

Застосовують такі способи робочих переміщень земснарядів: канатний, пальово-канатний, пальовий.

За канатного способу землесосний снаряд переміщують уздовж і поперек прорізу за допомогою лебідок, установлених на палубі снаряда. Періодично, в міру просування снаряда вперед, здійснюють переукладання якорів. Якщо працюють на спокійній воді, канатів має бути 4 – 5. У будівництві найчастіше застосовують траншейну чи віялову схеми роботи за цим способом.

За траншейної схеми ґрунтозабірний пристрій пересувають уперед уздовж прорізу, який розробляють на необхідну довжину, після чого повертають назад, пересувають убік, проходять наступну паралельну траншею, і так до розроблення прорізу на повну ширину.

Віялову схему проходки здійснюють за допомогою передніх бічних канатів, якими снаряд повертають на заданий кут навколо нерухомої корми. У міру розроблення ґрунту земснаряд переднім становим канатом пересувають уперед.

У разі пальово-канатного способу земснаряд переміщують так: ґрунтозабірний пристрій за допомогою каната рухається дугою кола, центром якого є одна з паль, нижній її кінець заглиблюють у дно виїмки.

Перевага пальово-канатного способу переміщень полягає у тому, що він потребує закладення тільки двох якорів. Цим спрощується керування земснарядом, і ґрунтозабірний пристрій описує точно фіксовані траєкторії, що особливо важливо, коли розробляють зв'язні ґрунти.

Схему робочих переміщень можна удосконалити, якщо напрямні обойми однієї з паль закріплюють у каретці, що може примусово переміщуватися вздовж поздовжньої осі земснаряда. Аналогічну схему переміщень можна отримати, якщо напрямні обойми паль закріплені з певним ексцентриситетом у роторі, який примусово повертається. Такі пристрої називають напірним пальовим ходом.

Канатні способи робочих переміщень земснаряда пов'язані з необхідністю закладання й перенесення в нові точки від двох до шести якорів, що істотно збільшує технологічні простой. Безканатні способи позбавлені цього недоліку.

#### **7.4 Комбінований спосіб гідромеханізованих робіт**

За комбінованого способу робіт, залежно від природно-геологічних і виробничих умов, застосовують різні схеми розроблення ґрунту і перетворення його на пульпу для подальшого транспортування. Найбільш поширені такі схеми розробки ґрунту:

1) у сухий спосіб (екскаватором) відсипають у проміжний кавальєр, який безупинно розмивають гідромонітором з подальшим транспортуванням пульпи самопливом або землесосом;

2) у сухий спосіб за допомогою транспортних засобів подають у спеціальні бункери, де розмивають гідромоніторами й далі транспортують землесосом. Для стабільної роботи землесоса бункери захищають від влучення великоуламкових фракцій ґрунту ґратами;

3) у сухий спосіб за допомогою транспортних засобів, переважно конвеєрами, подають у шлюзові живильники для пульпоутворення і транспортування;

4) у сухий спосіб подають до спеціальних пристроїв, обладнаних механічними живильниками і дробарками для подрібнення великих включень. У ці ж пристрої подається необхідна кількість води для пульпоутворення;

5) у підводних вибоях багаточерпаковим або грейферним снарядом і через грохоти, що відокремлюють великі включення, подають у землесос.

Основні переваги наведених схем:

1) важкі ґрунти (тверді глини, глинисті ґрунти з домішкою великорозмірних включень скельних ґрунтів тощо) розробляються ефективними механічними засобами: екскаваторами, багаточерпаковими снарядами, грейферами тощо;

2) можливість відокремити великогабаритні включення, які не можуть транспортуватися гідравлічним способом;

3) гідравлічним способом може подаватися в такі місця, куди завозити його звичайними видами транспорту фізично неможливо або економічно недоцільно. Така ситуація часто складається, наприклад, під час будівельних робіт в гірській місцевості.

### **7.5 Трубопроводи гідромеханізації**

Трубопроводи й арматура на них відіграють у гідромеханізації важливу роль. Вони слугують основними магістралями як для гідротранспортування ґрунту (пульпопроводи), так і для подачі води до гідромоніторів (водоводи).

Водоводи та пульпопроводи поділяють на магістральні і розподільчі. Магістральні трубопроводи прокладають на значні відстані й тривалий час не переміщують. Розподільні водоводи, які застосовують для вмикання гідромоніторів, а також розподільні пульпопроводи на відвалах, що слугують для розподілу ґрунту, часто переміщують з місця на місце відповідно до технологічної схеми робіт.

Для з'єднання плавучих насосних станцій і земснарядів з береговими магістральними пульпопроводами застосовують плавучі трубопроводи, що складаються із труб, покладених на спеціальні поплавці й з'єднаних між собою гнучкими шлангами або кульовими шарнірами.

Труби для водоводів вибирають залежно від напору, який розвиває насос, і максимально допустимих швидкостей руху води.

Труби для пульпопроводів вибирають відповідно до прийнятих швидкостей руху пульпи, що визначаються характером транспортування ґрунту: чим крупніші й важчі окремі частки ґрунту, тим більшою має бути швидкість у пульпопроводі і, навпаки, чим дрібніші частки, тим менша швидкість.

Магістральні водоводи та пульпопроводи, які розраховані на тривалу експлуатацію без перекладання, прокладають із труб зі зварними стиками. Розподільні й інші тимчасові трубопроводи збирають із труб, з'єднаних на фланцях з гумовими прокладками або на швидкокороз'ємних з'єднаннях із самоущільнюваними манжетами.

## **7.6 Водопостачання гідромеханізованих робіт**

Для водопостачання гідромоніторних і комбінованих робіт використовують насосні станції з відцентровими насосами.

Пряме водопостачання застосовують у тих випадках, коли джерело водопостачання істотно перевищує потребу гідромеханізації. Часто пряме водопостачання доповнюють облаштуванням ставків-відстійників додаткового освітлення відпрацьованої води перед скиданням її у водойму.

Водопостачання із кругообігом практикують за недостатнього дебіту джерела водопостачання або за жорстких екологічних вимог, коли не припускається скидання води у водойму. Оскільки робота з кругообігом води супроводжується її втратами на випаровування та інфільтрацію, необхідно облаштовувати станції підживлення й періодично компенсувати втрачену воду.

Аналогічно будують схеми водопостачання комбінованих робіт. У тому випадку, коли пульпостворювальний пристрій монтується безпосередньо на плавучому снаряді, там же монтуються й живильні насоси.

## **7.7 Вимоги безпеки під час гідромеханізації земляних робіт**

За гідромоніторного розроблення ґрунту необхідно витримувати безпечну відстань від місця перебування людей та устаткування до стрімкої стіни вибою, що може обрушитися, адже в разі обвалення вибою ґрунт й окремі камені можуть засипати устаткування чи травмувати людей.

Удар водним струменем гідромонітора може трапитись під час розриву стику, втраті керування гідромонітором, а також у випадку різкого маневрування останнім.

У гідромоніторному вибої внаслідок постійної високої вологості підвищену небезпеку для персоналу становлять різного роду електроустановки.

Плавучі землесосні снаряди являють собою комплекси різних механізмів, що працюють на плаву, тому до їхньої конструкції й умов обслуговування висувають (залежно від зони роботи) специфічні вимоги Регістра судноплавства.



Провадження робіт з використанням плавучих несамохідних землесосних снарядів класу Р (річковий) за класифікацією Регістра дозволяється, коли сила вітру до 4 балів, хвилювання води до 3 балів і середня швидкість течії 0,75 м/с. В окремих випадках, за дотримання вимог Регістра щодо оснащення, землесосні снаряди з продуктивністю по воді понад 4000 м<sup>3</sup>/год можуть працювати навіть коли хвилювання води сягає 5 балів, а швидкість течії – до 1,2 м/с.

Для провадження робіт на відкритих акваторіях і водоймищах варто застосовувати землесосні снаряди класу О (озерні). Провадження робіт на водоймищах будівельними земснарядами класу Р допускається в окремих випадках з дозволу Регістра. Під час роботи на незахищених від хвилювання акваторіях має забезпечуватися можливість відведення несамохідних плавучих засобів у безпечне місце у випадку шторму. Місця відстою під час штормів повинні обладнуватися відповідно до вказівок у проекті організації робіт.

Порядок провадження робіт на судноплавних ріках і морських акваторіях має погоджуватися будівельною організацією з місцевими організаціями водного транспорту. Оснащення суден, що беруть участь у провадженні робіт, повинне відповідати вимогам Регістра. Підводний вибій і плавучі пульпопроводи огорожуються попереджувальними знаками, а в нічний час – освітлюються.

Землесосний снаряд має укомплектовуватися рятувальними, протипожежними й водовідливними засобами. Корпус землесосного снаряда і його плавучий пульпопровід повинні надійно огорожуватися.

Напірні пульпопроводи до початку робіт випробовують на максимальний робочий тиск. Пульпопроводи варто розташовувати так, щоб вони не потрапляли в охоронну зону ліній електропередач. У разі перетину пульпопроводом лінії електропередач його беруть у заземлений кожух.

В'їзд механізмів і вхід людей на пляж намівання допускаються тільки з дозволу виконавця робіт.

Під час провадження гідромеханізованих робіт, як правило, створюють ряд штучних водоймищ (карти наміву, ставки-відстійники та інші), що мають напірний фронт, у разі прориву якого може виникнути загроза для людей та

навколишнього середовища. Тому за напірним фронтом споруд необхідно встановлювати постійний нагляд з метою унеможливлення його порушення.

***Контрольні запитання:***

1. Перелічіть які Ви знаєте види гідромеханізованих робіт.
2. Розкрийте суть гідромоніторних робіт.
3. Назвіть технологічні особливості й галузь застосування гідромеханізації земляних робіт.
4. Розкажіть особливості землесосних робіт.
5. Сформулюйте основні недоліки землесосного способу робіт.
6. Класифікуйте земснаряди за видом застосовуваного приводу.
7. Назвіть способи робочих переміщень земснарядів.
8. Розкажіть про комбінований спосіб гідромеханізованих робіт.
9. Опишіть призначення трубопроводів для гідромеханізації.
10. Зробіть огляд агрегатів, які використовують для водопостачання гідромеханізованих робіт.
11. Перелічіть вимоги безпеки під час гідромеханізації земляних робіт.

## 8. ЗАКРІПЛЕННЯ ҐРУНТІВ

### 8.1 Загальні положення

**Закріплення ґрунтів** – це штучне поліпшення їхніх будівельних властивостей різними хімічними та фізичними способами, як правило, в умовах природного залягання.

Способи штучного закріплення ґрунтів мають на меті такі корисні зміни властивостей ґрунтів:

- підвищення міцності й зменшення стискуваності;
- зменшення водопроникності;
- зниження чутливості структури ґрунту до зміни зовнішнього середовища (насамперед вологості).

За допомогою закріплення ґрунтів вирішують багато завдань будівельної практики, а саме:

- посилення основ і фундаментів під існуючими будинками та спорудами;
- поліпшення будівельних властивостей просідних ґрунтів (усунення просідних властивостей);
- захист котлованів від припливу ґрунтових вод;
- забезпечення проходження підземних виробок у водонасичених ґрунтах;
- облаштування протифільтраційних завіс в основі й тілі земляних гребель;
- збільшення тримальної здатності паль і опор великого діаметра шляхом ін'єктування їхніх основ і бічних поверхонь.

Крім того, аналогічними методами зміцнюють старі фундаменти й конструкції, ущільнюють робочі шви великих монолітних конструкцій, виправляють дефекти, допущені під час виготовлення конструкцій тощо.

Методи закріплення за способом впливу на ґрунт можна розділити на дві великі групи:

- введення в ґрунт тим чи тим способом різних **хімічних реагентів**;
- застосування для впливу на ґрунт різних **фізичних полів**.

З метою хімічного закріплення ґрунтів як реагенти найчастіше використовують:

- цемент;
- бітуми;
- розчини рідкого скла;
- синтетичні смоли та ін.

У ґрунт реагенти вводять у вигляді розчину, суспензії або емульсії. Іноді також застосовують газоподібні реагенти.

Закріплення ґрунтів на основі цементних розчинів називають **цементациєю**.

Закріплення ґрунтів на основі розчинів силікату натрію (рідкого скла) є **силікатизациєю**.

Аналогічно застосовують терміни: **бітумізація, смолізація, глинизація** тощо.

При закріпленні застосовують різні способи введення хімічних реагентів у ґрунт. Найчастіше використовують **ін'єкційне хімічне закріплення**, коли реагенти у вигляді розчинів або газів вводять у ґрунти природного залягання **без порушення їх структури шляхом нагнітання під тиском**.

В останні роки почали також застосовувати спосіб ін'єкції, при якому створюють такий тиск нагнітання, при якому настає так званий гідравлічний розрив масиву ґрунту й закріплювальний реагент поширюється здебільшого по тріщинах, що утворилися в ґрунті, немов армуючи ґрунт окремими закріпленими зонами. Такий спосіб ін'єкції називають **ін'єкцією з гідророзривом масиву ґрунту**.

У слабопроникних ґрунтах нагнітання під тиском практично незастосовне. У цих випадках використовують **струминне ін'єктування**, коли ґрунт закріплюється шляхом перемішування його з реагентом за допомогою струменя розчину цього реагенту, що надходить зі спеціального монітора під високим тиском.

З порушенням природної структури ґрунту виконують також **бурозмішувальне і шнекофрезерне ін'єктування**, коли реагент вводять у ґрунт спеціальними механічними пристроями, що перемішують ґрунт із реагентами.

За **бурозмішувального ін'єктування** ґрунт перемішують обертанням бура, через отвори якого подається розчин реагенту. При цьому бур одночасно

переміщують у вертикальному напрямку. За **шнекофрезерного ін'єктування** робочий орган у вигляді шнека переміщують у горизонтальному напрямку, причому ґрунт перемішують із розчином реагенту водночас по всій довжині шнека.

Для зміни фізико-механічних властивостей ґрунту також широко використовують теплові й електричні поля.

**Термічний спосіб закріплення** глинистих і лесових ґрунтів заснований на інтенсивному й тривалому впливі на них високих температур, які створюють спалюванням у пробурених в ґрунті свердловинах газоподібного або рідкого палива. У результаті ґрунти частково або повністю змінюють свої властивості, перетворюючись на штучний камінь.

**Спосіб заморожування** застосовують як тимчасовий захід для зміцнення будь-яких водонасичених ґрунтів з метою створення в них водонепроникних кригоґрунтових стінок. Суть способу полягає в тому, що по замкнутій системі труб, розміщених у свердловинах, безупинно циркулюють спеціально охолоджені незамерзаючі розчини. У результаті відбирання ними тепла від ґрунту й води, що міститься в ньому, утворюється міцна й водонепроникна кригоґрунтова стінка.

**Електрохімічні способи закріплення** ґрунтів засновані на прояві у вологому ґрунті під впливом постійного електричного струму процесів електролізу, електроосмосу, обмінних хімічних реакцій. Із введенням у ґрунт за допомогою електричного струму хімічних розчинів він набуває водостійкості. Ґрунти з коефіцієнтом фільтрації менше 0,005 м/добу обробляють електричним струмом без уведення хімічних реагентів.

## **8.2 Цементация ґрунтів і конструкцій**

Цементация, як один з методів створення масивів штучних ґрунтів, застосовується в багатьох видах будівництва: у гідротехнічному й гірничому – для облаштування протифільтраційних конструкцій, у промисловому – для посилення основ, зміцнення кам'яних, бетонних і залізобетонних конструкцій. Уперше цементацию застосували у Франції в 1864 р.

Цементацию гідравлічними в'язучими матеріалами виконують переважно в скельних і напівскельних ґрунтах для підвищення їх водонепроникності й міцності. Під час цементації розчин під тиском нагнітання проникає на певну відстань у ґрунт (у конструкцію, яку необхідно змоніторити або відремонтувати) системою сполучених тріщин, пор та інших порожнеч.

Для ін'єкції скельних ґрунтів застосовують чисті суспензії цементу у воді (чисті цементні розчини), а також глинисті, цементно-глинисті, глиноцементні або цементно-піщані. Чисто цементні розчини являють собою нестійкі суспензії. Якщо припиняється їх перемішування, відбувається седиментація. Додавання до суто цементних розчинів суспензії високодисперсної глини, частки якої мають колоїдні властивості, забезпечує певну стабільність розчинів.

Суто цементні розчини застосовують зазвичай у водоцементному відношенні від 3:1 до 10:1. Рідкіші розчини мають незначну міцність. Початкову консистенцію суто цементних розчинів визначають залежно від питомого водопоглинання ін'єктованого середовища.

Для цементних розчинів найчастіше застосовують портландцемент або пуцолановий цемент. За наявності агресивних ґрунтових вод використовують сульфатостійкий портландцемент, у разі значних швидкостей фільтрації беруть тампонажні цементи, а також ті, які швидко тужавіють. Для зміни властивостей цементацийних розчинів у потрібному напрямку в них уводять різні активні добавки, які сповільнюють або прискорюють тужавлення, пластифікують, регулюють в'язкість тощо.

Цементи, які випускаються промисловістю, містять частки розміром від 0,01 до 0,25 мм. Такий гранулометричний склад знижує проникність розчинів і сприяє седиментації. Подальше цілеспрямоване подрібнення цементу (так звана диспергація або активація) дає змогу одержати розчини, в яких седиментація незначна або взагалі відсутня. Такі розчини мають високу проникність, створюють міцний і водонепроникний цементний камінь.

Диспергація цементу на будівництві може здійснюватися хімічним або механічним способом. Хімічну диспергацію виконують з використанням

пластифікуючих добавок, що розріджують і здимають цемент. Пластифікуючі добавки навіть у такій малій кількості, як 1 % від маси цементу, збільшують проникну здатність розчину і його радіус поширення в 2 – 2,5 рази. А це, в свою чергу, скорочує кількість свердловин, вартість яких звичайно становить близько 50 % від повного комплексу робіт.

Механічна диспергація цементу полягає в його подрібнюванні й збільшенні внаслідок цього маси часток розміром менше 0,02 мм. Коли ступінь диспергації цементу перевищує певну межу, його водні розчини набувають властивостей колоїду. Диспергацію здійснюють у спеціальних млинах або турбулентних вібророзмішувачах шляхом перемішування в них суміші протягом певного часу.

Терміни тужавлення цементу в розчинах регулюють, використовуючи для цього сповільнювачі або прискорювачі початку тужавлення. Як прискорювачі застосовують хлористий кальцій, соляну кислоту, рідке скло, соду. Сповільнюють тужавлення гіпс, слабкий розчин сірчаної кислоти, сірчаноокисле залізо, технічна сахароза.

Для заміни частини цементу в ін'єкційному розчині використовують також домішки золи відходів теплових електростанцій, що має гранулометричний склад такий самий, як і цемент.

Застосовується кілька технологічних схем цементації. Вибір конкретної схеми залежить від інженерно-геологічних умов майданчика та наявності того або іншого устаткування. За способом нагнітання розчину виділяють три основні схеми: натискну, циркуляційну й напівциркуляційну (рисунок 8.1).

У разі використання насосів із регульованим приводом (це дає змогу змінювати витрати розчину в широких межах) розчин нагнітають натискним способом.

Коли використовують насоси з нерегульованим приводом, розчин нагнітають напівнатискним способом з поверненням його надлишку від свердловини до входу в цементаційну установку.

Циркуляційний спосіб нагнітання розчину із його циркуляцією від насоса до свердловини й назад застосовують, як правило, в разі розміщення розчинопроводу на денній поверхні за мінусової температури.

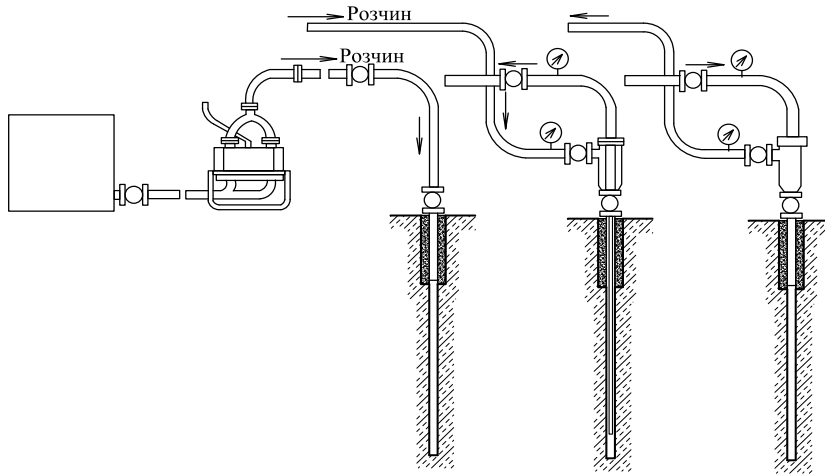


Рисунок 8.1 – Схеми цементації: а – натискна; б – циркуляційна; в – напівциркуляційна

У разі значної потужності зони цементації й різного ступеня її тріщинуватості по глибині цементують ґрунт не відразу на всю глибину, а окремими щаблями або зонами ін'єктування обмеженої довжини.

Така схема дає змогу досконаліше організувати процес цементації, оскільки тоді можна для кожної зони призначати склад, консистенцію і режим нагнітання розчину. При цьому роботи з цементації ґрунту можуть виконуватися трьома способами (рисунок 8.2):

- буріння свердловин і цементація на проектну глибину за один прийом (по всій площі);
- буріння свердловин і цементація спадними зонами;
- буріння свердловин на проектну глибину й цементація висхідними зонами.

Перший спосіб застосовують за майданчикової цементації та глибини свердловин до 15 м.

У разі цементації спадними зонами спочатку бурять свердловину на глибину зони, відтак у ній ін'єктують розчин до відмови, тобто до моменту, коли повністю припиняється поглинання розчину або коли за граничного тиску поглинання розчину менше 0,01 л/хв. Глибина зони звичайно 2 – 5 м у ґрунтах з великою



тріщинуватістю й 10 – 15 м у грунтах із дрібною тріщинуватістю. Після закінчення цементації першої зони свердловина вже заповнена цементним каменем. Для цементації другої зони розбурюють свердловину в першій зоні й поглиблюють її до підшови другої зони.

За третього способу свердловину бурять на всю глибину. Цементацию ведуть за допомогою тампонів, що ізолюють цементовану зону від зон, розташованих вище. Піднімаючи ущільнювальний тампон у міру цементації чергової зони, обробляють усю свердловину.

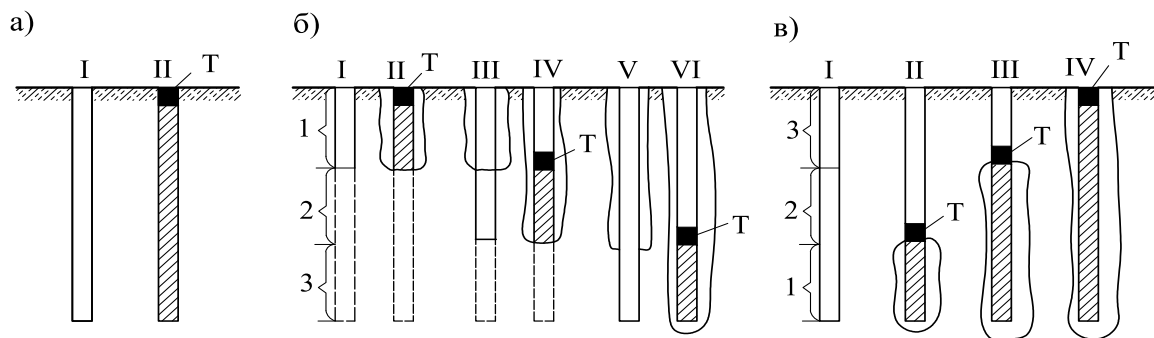


Рисунок 8.2 – Способи цементації: а – буріння свердловин і цементация на повну глибину; б – буріння свердловин і цементация зонами зверху донизу; в – буріння свердловин на повну глибину і цементация зонами знизу вгору; I–VI – послідовність проведення робіт; 1, 2, 3 – зони цементації; Т – розміщення тампона в момент нагнітання розчину

Монолітність закріплення масиву ґрунту забезпечують розбиттям свердловин на черги, певним розташуванням їх у плані й поступовим зближенням (рисунок 8.3). Спочатку цементують свердловини, що на відстані одна від одної, яка більша подвійного радіуса цементації. Це свердловини першої черги. Далі між ними розміщують і цементують свердловини другої черги. Якщо мережу свердловин згустити ще більше, то деякі з них можуть потрапляти в закріплену зону і їх можна вважати контрольними. Якщо ж контрольні свердловини потраплять у недостатньо закріплений ґрунт, то вони цементуються.

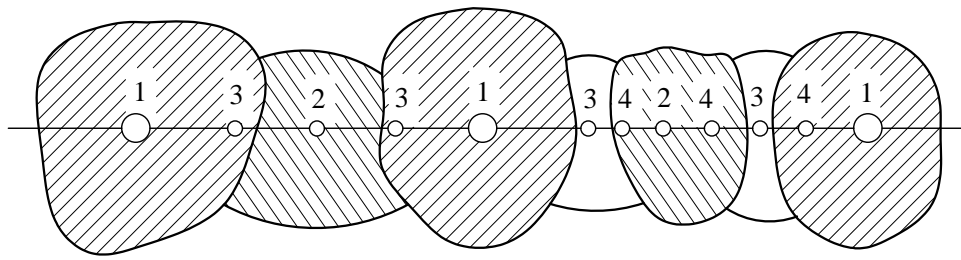


Рисунок 8.3 – Послідовність нагнітання цементного розчину в свердловини для створення протифільтраційної завіси: 1, 2, 3 – свердловини відповідно першої, другої та третьої черги; 4 – контрольні свердловини

У процесі виконання цементаційних робіт гирла свердловин, а також визначені для цементації ділянки ізолюють спеціальними ущільнювальними пристроями (ущільнювачами або тампонами). Ущільнювач монтують на пересувному нагнітачі. Його застосовують для цементації скельного ґрунту висхідними або спадними зонами. За необхідності його можна використати як нагнітач безциркуляційного типу. Гумові кільця ущільнювача розміщують між нижніми нерухомими та верхнім рухомим фланцями. Потім гвинтовим домкратом через зовнішню трубу обтиснюють гумовий ущільнювач. Розширюючись, він щільно притискується до стінок свердловини, ізолюючи цементовану зону. Ущільнювачі можуть бути одинарними або подвійними.

Цементацию необхідно виконувати за максимально припустимого тиску, оскільки високий тиск є найважливішою умовою одержання якісної цементації. Крім того, за високого тиску збільшується радіус поширення розчину тріщинами, що скорочує обсяг буріння й створює попереднє напруження в ґрунті. Виміри показують, що після гарної цементації модуль деформації масиву ґрунту збільшується в середньому в 1,5 – 3 рази.

Разом з тим, у зонах ґрунту, які розташовані біля денної поверхні, високий тиск може спричинити гідравлічний розрив шару з виходом розчину на поверхню, що вкрай небажано. Тому максимально припустимий тиск нагнітання обчислюють теоретично й уточнюють дослідним шляхом до початку основних робіт, а робочий тиск має бути не більше 70 % від максимально припустимого.

Спосіб цементації тривалий час вважали придатним лише для закріплення тріщинуватих скельних ґрунтів і гравійно-галькових відкладень. Однак практика останніх десятиліть показала, що шляхом удосконалення складу розчину й техніки нагнітання можна успішно ін'єктувати також піщані ґрунти. Як правило, у цих випадках застосовують розчини на попередньо диспергованому цементі з додаванням поверхнево-активних речовин, а також певної кількості бентоніту.

Різнозернисті піщані ґрунти цементують через свердловини, обладнані на всю глибину **манжетними колонами**. Манжетна колона являє собою трубу необхідного діаметра, що має через кожні 33 см кілька отворів (звичайно 6 – 8). Отвори зовні прикриті гумовими манжетами. Для запобігання їх зсуву вздовж труби вони фіксуються сталевими кільцями. Між цими кільцями й торцями манжети залишають зазори 3 – 8 мм для можливості виходу розчину в ґрунт. Таким чином у разі ін'єкції манжета виконує роль зворотного клапана, пропускаючи розчин у ґрунт і запобігаючи його потраплянню в колону ззовні під час нагнітання розчину через сусідні зони. Простір між манжетною колоною й стінками свердловини заливають цементно-глинистим розчином, що за певний час (кілька діб) тужавіє, утворюючи так звану **обойму**, яка під час ін'єктування певної зони розривається тиском розчину, що нагнітається. У середину манжетної колони вміщують перфоровану трубу для подання розчину з двома ущільнювальними тампонами, за допомогою яких можна ізолювати ін'єктовану зону. Спочатку ін'єктують зони з більшою проникністю ґрунту, потім – інші.

Цементацію часто використовують, як метод відновлення тримальної здатності бетонної, кам'яної або цегляної кладки. Суть методу полягає в тому, що в кладку через пробурені свердловини нагнітають цементний розчин, який після тверднення перетворюється на щільний і нерозчинний у воді матеріал, що заповнює тріщини й порожнечі, а в необхідних випадках і перешкоджає фільтрації води через закріплені конструкції.

### 8.3 Силікатизація та смолізація ґрунтів

З хімічного погляду основою ін'єкційного закріплення ґрунтів силікатами й смолами є явище конденсації неорганічних і органічних полімерів (закріплювачів) під час їхньої взаємодії з коагулянтами (отверджувачами), у результаті чого відбувається затвердіння полімерів у порах ґрунту. Це забезпечує незворотну зміну фізико-механічних властивостей ґрунту у бік підвищення його міцності й зниження здатності деформуватись.

Як закріплювачі застосовують водні розчини силікату натрію (неорганічні полімери), які часто називають рідким склом, а також розчини карбамідних та інших синтетичних смол (органічні полімери). Як отверджувачі використовують різні неорганічні й органічні кислоти, солі, деякі гази (наприклад: кремнефтористоводнева кислота, алюмінат натрію, ортофосфорна кислота, етилацетат, вуглекислий газ – для затвердіння силікату натрію; соляна та щавлева кислоти, азотнокислий амоній – для затвердіння карбамідних смол).

Закріплення ґрунтів на основі розчинів силікату натрію (рідкого скла) незалежно від застосовуваних отверджувачів називають **силікатизацією**, а закріплення на підставі карбамідних та інших смол – **смолізацією**.

У технологічному плані ін'єкційне хімічне закріплення ґрунту полягає в нагнітанні під певним тиском у пори ґрунту різних хімічних реагентів. Ці реагенти можуть нагнітатися в ґрунт у вигляді двох окремих розчинів, один із яких – закріплювач, а інший – отверджувач. Це **дворозчинний метод** хімічного закріплення. Коли як отверджувач використовують газ, то такий спосіб хімічного закріплення ґрунту називають **двокомпонентним газовим способом**. У разі нагнітання в ґрунт розчину, що складається з двох змішаних у певному співвідношенні компонентів (закріплювача й отверджувача), одержують **однорозчинний двокомпонентний спосіб** закріплення.

Закріплювальні розчини нагнітають у ґрунт насосами або стиснутим повітрям через вертикально чи похило заглиблені ін'єктори. У процесі закріплення ґрунтів під старими фундаментами, як допоміжний захід проти можливих витоків

закріплювальних розчинів через тріщини в кладці фундаментів, передбачають попередню цементацію контакту підшви фундаменту і його основи.

За конструктивною побудовою закріплених об'ємів ґрунту розрізняють: суцільне закріплення (рисунк 8.4, а), за якого закріплюється вся активна зона під фундаментом; армувальне закріплення (рисунк 8.4, б), коли ґрунт армується окремими закріпленими зонами у вигляді циліндрів; комбіноване закріплення (рисунк 8.4, в): верхня, найбільш навантажена, зона закріплюється суцільно, а нижня, менше навантажена, тільки армується. Розміри й місце розташування заглиблених пристроїв із закріплених ґрунтів, а також вимоги до міцнісних і деформаційних властивостей таких ґрунтів установлюють розрахунками конструктивної системи фундамент – основа. Необхідні характеристики закріплених ґрунтів для цих розрахунків визначають шляхом закріплення ґрунтів на дослідній ділянці.

За попередніх розрахунків, до перевірки на дослідній ділянці, величину розрахункового радіуса закріплення, що відіграє важливу роль під час побудови конструкцій із закріпленого ґрунту, беруть з графіків, складених для піщаних ґрунтів залежно від їхніх коефіцієнтів фільтрації (рисунк 8.5).

Довжину робочої (перфорованої) частини ін'єктора встановлюють для ґрунтів однорідного складу рівною 1 м, а для неоднорідних ґрунтів – 0,5 м. Параметри ін'єкції обчислюють відповідно до розрахункової схеми, наведеної на рисунку 8.6.

Основою цієї розрахункової схеми є форма закріплення ґрунту від одиничної ін'єкції у вигляді умовного циліндра радіусом  $r_{\text{ін}}$  і висотою  $l_z$  рівновеликого об'єму фактично закріпленого масиву, що має форму, близьку до еліпсоїда обертання. Радіус циліндра дорівнює **радіусу закріплення**. Висота циліндра рівна величині переміщення діючої частини ін'єктора вздовж осі від однієї одиничної ін'єкції до іншої і називається **заходкою**. Заходкою є також сам закріплений від одиничної ін'єкції ґрунтовий масив.

Для проектування розміщення ін'єкторів використовують емпіричні формули. Так, відстань між рядами ін'єкторів визначають за формулою:

$$l_h = 1,5r_{\text{ін}}, \quad (8.1)$$

де  $r_{\text{ін}}$  – радіус закріплення.

Відстань між ін'єкторами в ряду знаходять за формулою:

$$l_p = 1,73r_{ін}. \quad (8.2)$$

Величину заходки визначають за формулою:

$$l_3 = l + 0,5r_{ін}, \quad (8.3)$$

де  $l$  – довжина робочої частини ін'єктора.

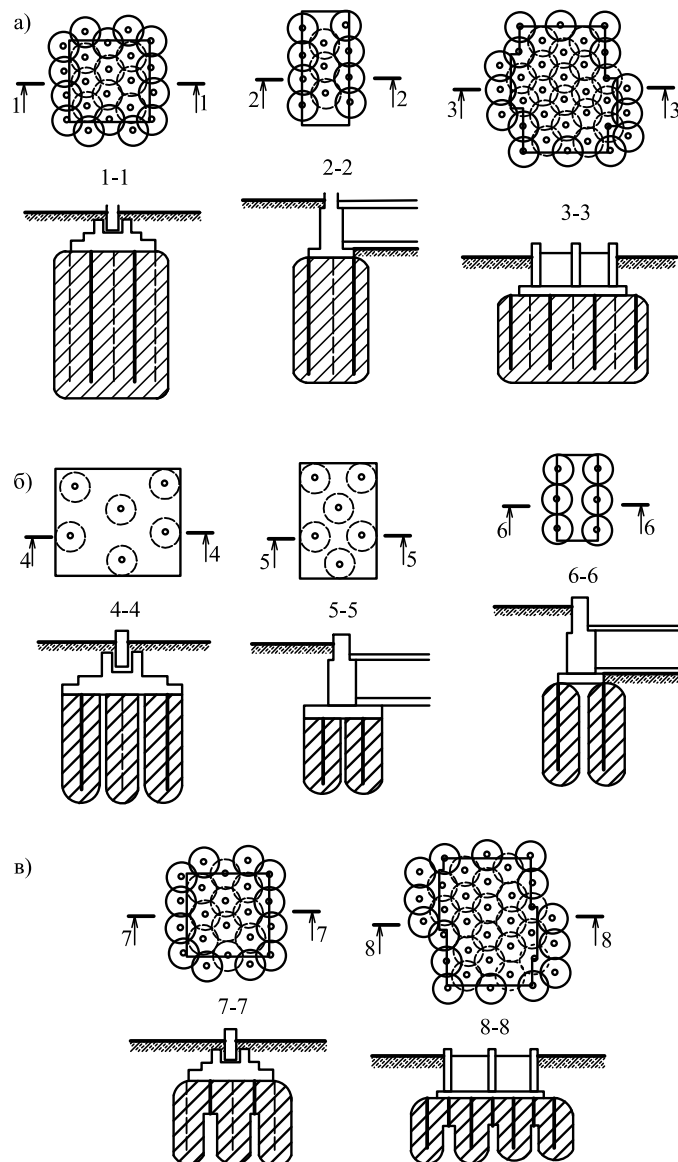


Рисунок 8.4 – Конструктивні схеми ін'єкційного хімічного закріплення ґрунтів: а – суцільне закріплення; б – закріплення способом армування; в – комбіноване закріплення

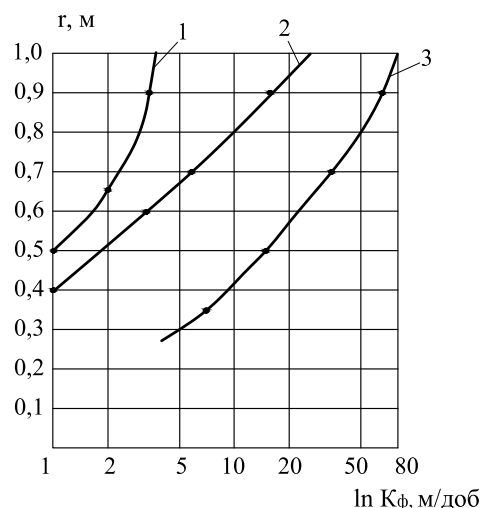


Рисунок 8.5 – Залежність радіусу закріплення від коефіцієнта фільтрації ґрунту та виду ін'єктування: 1 – силікатизація дворозчинна; 2 – силікатизація однорозчинна двокомпонентна; 3 – смолізація

Об'єм закріпленого ґрунту від одиничної ін'єкції за одну заходку встановлюють за формулою:

$$Q_{гр} = \pi r_{ин}^2 l_3. \quad (8.4)$$

Об'єм закріплювальних розчинів робочих концентрацій обчислюють за формулою:

$$Q_p = Q_{гр} n \alpha, \quad (8.5)$$

де  $Q_p$  – об'єм закріплювальних розчинів;  $Q_{гр}$  – об'єм закріплювального ґрунту;  $n$  – пористість ґрунту в частках одиниці;  $\alpha$  – коефіцієнт заповнення пор, рівний за дворозчинної силікатизації для кожного розчину 0,5; однорозчинної силікатизації й смолізації піщаних ґрунтів – 1; газової силікатизації – 0,7 – 0,8.

Закріплювальні реагенти (розчини, суміші, гази) мають нагнітатися в ґрунти повільно й рівномірно. Застосовувані величини витрат і тисків не повинні спричинювати в ґрунтах розривів і виходів реагентів з контуру одиничної ін'єкції. Для ін'єктора з діючою частиною 1 м витрата розчину залежно від коефіцієнта фільтрації, має становити від 1 до 5 л на хвилину.

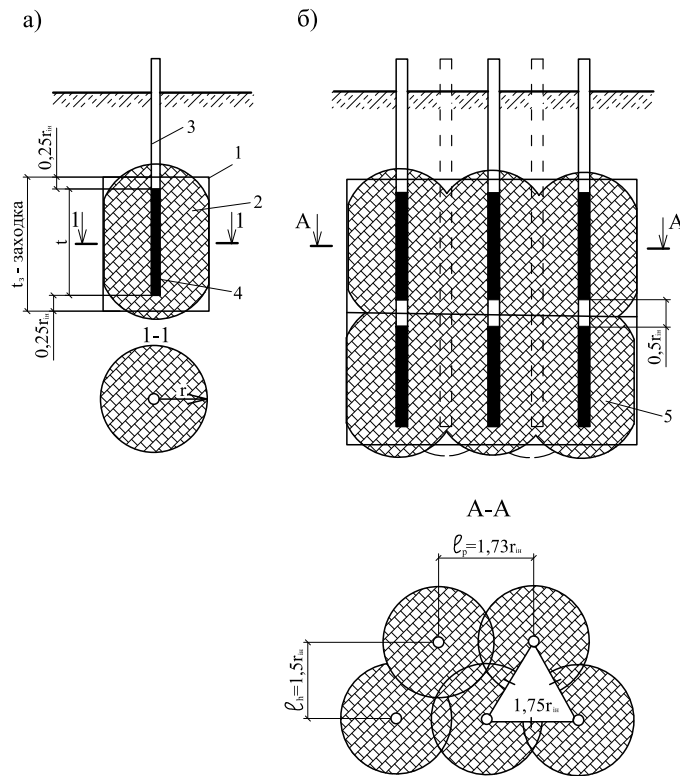


Рисунок 8.6 – Розрахункова схема ін'єкційного хімічного закріплення ґрунтів: а – для одиної заходки; б – для суцільного масиву; 1 – розрахунковий масив для закріпленого ґрунту від однієї заходки для однорідного середовища; 2 – фактичний масив закріпленого ґрунту від однієї заходки для однорідного середовища; 3 – ін'єктори або ін'єкційні свердловини; 4 – перфорована частина ін'єктора або робоча частина свердловини; 5 – суцільний масив закріпленого ґрунту

Для уникнення можливості гідравлічного розриву масиву ґрунту або гідравлічного підняття фундаменту тиск нагнітання слід обмежувати. Максимально припустимий тиск нагнітання визначають розрахунковим шляхом залежно від глибини ін'єкції, щільності й міцності ґрунтів, навантажень на фундаменти. Найчастіше для розрахунку граничного тиску  $P_p$ , за якого відбувається гідравлічний розрив шару, використовують формулу В.Полякова:

$$P_p = (1 - \mu)(2\xi p_B + R), \quad (8.6)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона ґрунту;  $\xi$  – коефіцієнт бічного тиску ґрунту;  $p_B$  – побутовий тиск ґрунту на позначці, де виконується ін'єкція, з урахуванням навантаження від фундаменту;  $R$  – міцність ґрунту на розтягування.



Велике значення для забезпечення якісного хімічного закріплення ґрунтів у різних інженерно-геологічних умовах має вибір ін'єктора. Ін'єктор являє собою заглиблюваний у ґрунт у той чи інший спосіб спеціальний пристрій, за допомогою якого нагнітаються закріплювальні розчини в ґрунт під тиском. Ін'єктор є найвідповідальним елементом ін'єкційного устаткування. На практиці ін'єкційного хімічного закріплення ґрунтів широко застосовують ін'єктори таких типів:

- забивні ін'єктори однакового за всією довжиною перерізу для силікатизації й смолізації піщаних ґрунтів, а також ін'єктори змінного перерізу для силікатизації просідних лесових ґрунтів;

- ін'єктори манжетно-тампонного типу, призначені для закріплення ґрунтів в особливо складних геологічних і гідрогеологічних умовах.

В умовах виняткового приховування наслідків виконання робіт з хімічного закріплення ґрунтів ін'єкцією та природної неоднорідності ґрунтового середовища завжди існують значні труднощі щодо якості закріплення. З огляду на це чинні норми й правила висувають підвищені вимоги до контролю якості закріплювальних робіт. Основна роль в оцінюванні якості ін'єкційного хімічного закріплення ґрунтів належить розкриттю й обстеженню закріплених масивів шурфами та свердловинами з відбором проб і лабораторним визначенням фізико-механічних характеристик закріплених ґрунтів.

Неретельне проектування й недбалий контроль якості хімічного закріплення ґрунтів завжди спричиняють великі матеріальні втрати. Практика будівництва знає багато прикладів, коли зневажливе ставлення до проектування й дотримання технології хімічного закріплення ґрунтів призводили до аварійних ситуацій.

#### **8.4 Струминне ін'єкування**

Основою технології струминного ін'єкування є принцип гідравлічного руйнування структури ґрунту енергією високонапірного струменя. Створювана в ґрунті зона руйнування заповнюється під тиском цементною суспензією, завдяки чому поліпшуються геотехнічні властивості ґрунтового масиву. Така технологія

застосовується в різних ґрунтових умовах, зокрема вона особливо ефективна у випадку, коли звичайна ін'єкція утруднена внаслідок низької проникності ґрунту.

Основним робочим органом за струминної технології є монітор. Найпростішою є технологія, коли ґрунт руйнується водяним струменем і в зону руйнування подається ін'єкційна суміш. У деяких випадках руйнування досягають шляхом утворення струменя з самої ін'єкційної суміші. Для підвищення стійкості та збільшення дальності дії струмів води або ін'єкційної суміші може подаватися всередині кільця стиснутого повітря. Кожний монітор може оснащуватися одним або кількома соплами, які подають робочі компоненти.

Основну схему струминної технології з оснащенням необхідним устаткуванням показано на рисунку 8.7. Головними операціями струминної технології є:

- буріння свердловини малого діаметра на проектну глибину;
- занурення в свердловину штанги зі струминним монітором, оснащеним у нижній частині соплами для виходу водяного струменя, що ріже ґрунт, й ін'єкційної суміші;
- зворотне повільне піднімання з обертанням бурової штанги з монітором і накачування ін'єкційної суміші.

Застосовують три системи струминної технології, принцип яких викладений нижче.

**Проста система** передбачає використання монітора і для ін'єктування. Ін'єкційну суміш подають через одне сопло або декілька, причому струмінь одночасно розроблює ґрунт і його зміцнює шляхом перемішування з ін'єкційною сумішшю.

**Подвійна система** включає до складу монітора дві коаксіальні труби, якими роздільно подається до сопел ін'єкційна суміш і повітря. Струмінь ін'єкційної суміші ззовні захищається сорочкою зі стиснутого повітря, що підвищує ефективність його дії.

**Потрійна система** є складнішою, але й ефективнішою. У нижню частину монітора по самотійних каналах подають воду, повітря й ін'єкційну суміш.

Струмень води захищається повітрям і руйнує ґрунт, а в зону його руйнування ін'єкційна суміш подається за нижчого тиску через окреме сопло.

За своїм призначенням струминна технологія може спрямовуватися або на зміцнення ґрунту, або на забезпечення його водонепроникності, а іноді й на одночасне поєднання цих двох властивостей. Міцність заін'єктованого ґрунту залежить від його властивостей, а також якості й кількості введенного цементу. Опір, якого досягають стисканням ґрунту, коливається в широких межах: від 0,5 до 1,5 МПа для пластичних глинистих ґрунтів, до 25 МПа для гравійних. Коефіцієнт фільтрації заін'єктованого ґрунту становить  $10^{-2} - 10^{-3}$  м/добу.

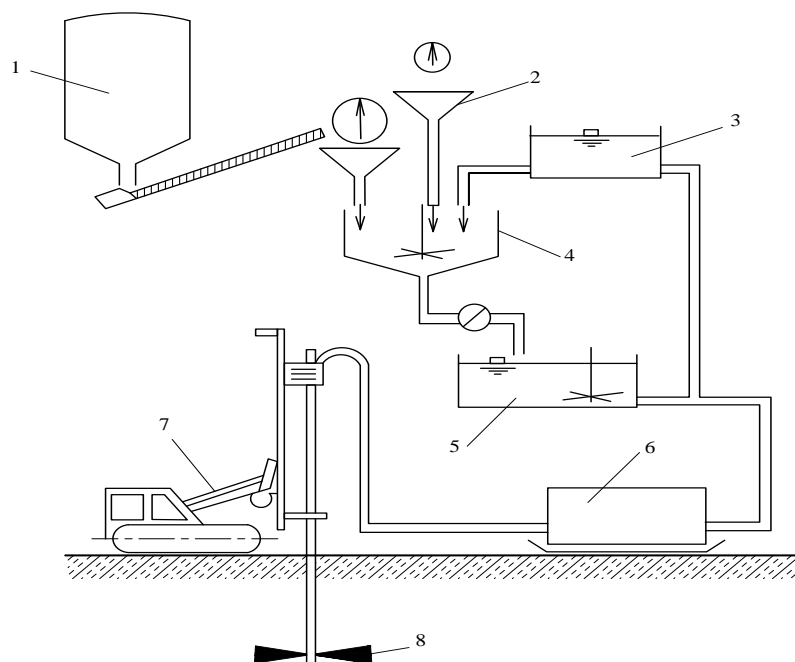


Рисунок 8.7 – Схема виконання робіт за струминною технологією: 1 – цемент; 2 – бентоніт; 3 – вода; 4 – змішувач; 5 – активуючий змішувач; 6 – гідронасос високого тиску; 7 – буриний верстат; 8 – струмінь

Крім зміцнення ґрунтів, технологія струминного ін'єктування також широко застосовується і для створення несучих конструкцій у вигляді опор різного поперечного перерізу. Такі опори найчастіше практикують для підсиленні основ будинків і споруд, що реконструюються.

За допомогою струминної технології створюють протифільтраційні завіси різного призначення. Облаштування протифільтраційної завіси передбачає дві основні технологічні операції: буріння шляхом розмиву напрямних свердловин і

прорізання водним струменем щілини в ґрунті з одночасним винесенням пульпи ґрунту на денну поверхню й заповненням порожнини закріплювальним матеріалом (рисунок 8.8). Роботи з облаштування протифільтраційної завіси ведуть окремими секціями між напрямними свердловинами за наскрізною або глухою схемами.

Загалом струминна технологія має низку важливих переваг перед іншими методами зміцнення ґрунтів. Вона досить економічна, високопродуктивна й маневрена, за її використання відсутні динамічні навантаження й шум.

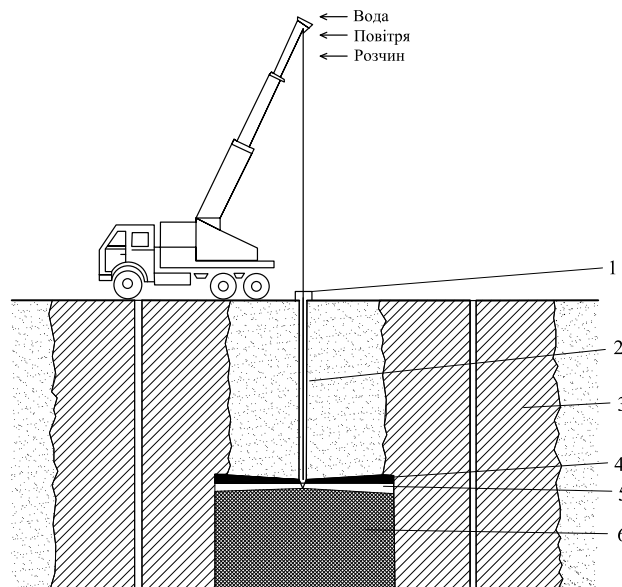


Рисунок 8.8 – Схема спорудження протифільтраційної завіси за допомогою струминної технології: 1 – направляюча; 2 – сувородинний монітор; 3 – секція завіси; 4 – водний струмінь; 5 – повітря; 6 – розчин закріплювального матеріалу

### 8.5 Бурозмішувальні способи закріплення ґрунтів

Для закріплення слабких водонасичених глинистих ґрунтів використовують бурозмішувальну технологію.

За цим способом закріплюваний ґрунт на місці його залягання спеціальними механічними пристроями перемішують із цементним розчином, у результаті чого істотно й необоротно поліпшуються його будівельні властивості.

Перемішування в'язучого з ґрунтом здійснюють обертальним бурінням без видобування ґрунту на поверхню за дозованого нагнітання цементного розчину через бурові труби до спеціального робочого органу (бурозмішувача), що забезпечує

надійне перемішування ґрунту з цементним розчином, який безперервно надходить до зони перемішування. Конструкції бурозмішувачів, які для реалізації технології навішують на бурові установки обертального буріння, показані на рисунку 8.9.

За допомогою бурозмішувальної технології в товщі ґрунту виготовляють циліндричні ґрунтоцементні палі (опори) діаметром до 1 м або інші конструкції з закріпленого ґрунту. Палі можуть розташовуватися у вигляді пальових полів, кущів і рядів.

Бурозмішувальний спосіб застосовують для закріплення основ споруд на суші й під водою. Однак його недоцільно використовувати для облаштування конструкцій, які зазнають значних динамічних або горизонтальних навантажень, а також у ґрунтах з великою кількістю (більше 6 %) органічних домішок.

Для стійкого закріплення ґрунтів бурозмішувальним способом вводять від 160 до 250 кг цементу на 1 м<sup>3</sup> закріплювального ґрунту. За сульфатної агресії ґрунтових вод застосовують сульфатостійкий цемент дещо підвищеного дозування (220 – 270 кг на 1 м<sup>3</sup> закріплюваного ґрунту). Цемент вводиться в ґрунт у вигляді цементного розчину з водоцементним відношенням 0,5 – 0,6. Закріплюваність ґрунту характеризується міцністю зразків ґрунтоцементу вологого зберігання на стиск через 28 діб після виготовлення.

Буроцементні закріплення мулистих ґрунтів ведуть по зонах захватами. Типовий маршрут пересування й набір необхідних для реалізації технології механізмів показано на рисунку 8.10. За прийнятого способу робіт цементний розчин нагнітають знизу нагору з витягуванням робочого органу з глибини ґрунту. До початку основних робіт із закріплення прошарків слабкого ґрунту, в щільному шарі, що перекриває слабкий шар, спеціальною буровою установкою облаштовують піонерні колодязі, які згодом засипають якісним ґрунтом (наприклад, кар'єрним дрібняком). Відходи буріння за допомогою навантажувачів і самоскидів видаляють за межі будівельного майданчика у відвал.

Залежно від інженерно-геологічних умов можуть реалізовувати один із трьох технологічних варіантів нагнітання цементного розчину: із зануренням бурозмішувача, із витягуванням бурозмішувача або в процесі всього технологічного

циклу перемішування ґрунту, як у разі занурення, так і витягування робочого органа. Оптимальне співвідношення цементу з ґрунтом, склад закріпного розчину, частота обертання й лінійна швидкість осевого переміщення бурозмішувача, технологічний варіант нагнітання розчину, продуктивність розчинонасоса, кількість додаткових (перемішувальних) проходок бурозмішувача визначають за результатами дослідних робіт.

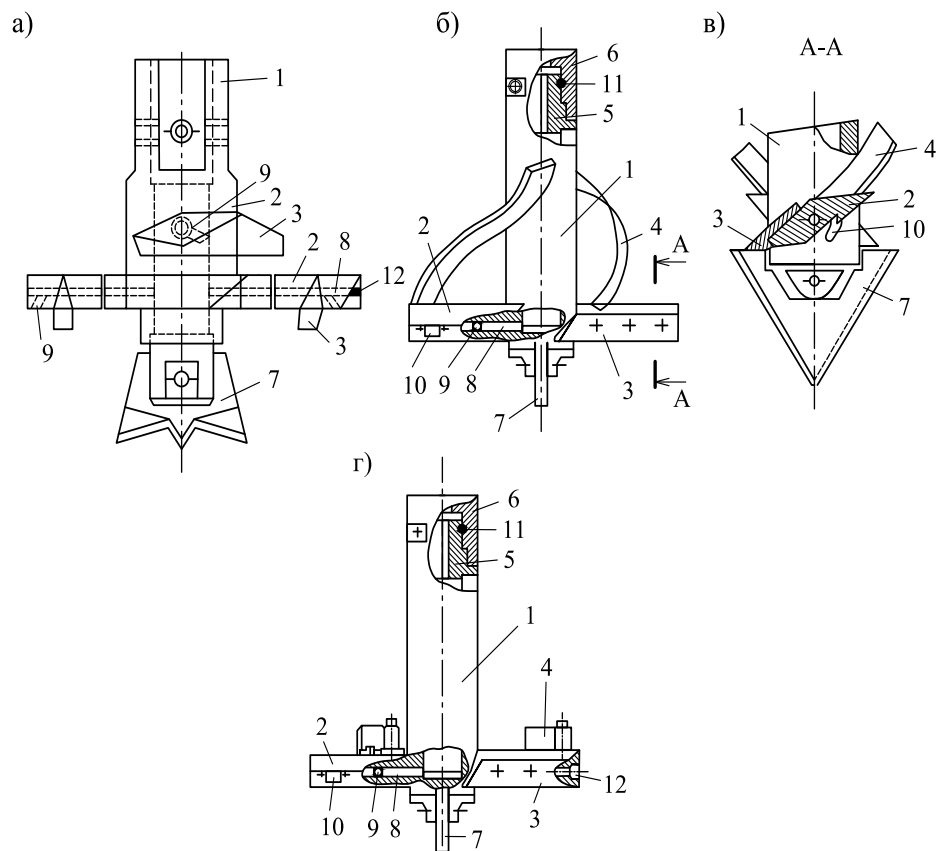


Рисунок 8.9 – Конструктивні схеми бурозмішувачів: а – з перемішувальними лопатями і плоским забурником; б – з поворотними перемішувальними лопатями і плоским забурником; в – з периферійним випуском в’язучого розчину; г – перетин А-А; 1 – корпус; 2 – різальна лопать; 3 – ніж; 4 – перемішувальна лопать; 5 – муфта; 6 – бурова штанга; 7 – плоский забурник; 8 – радіальний канал; 9 – вихідний отвір; 10 – клапан; 11 – з’єднувальний палець; 12 – заглушка

Для попереднього контролю якості негайно після виготовлення ґрунтоцементної палі, але не пізніше початку тужавлення ґрунтоцементної маси, на всю глибину закріплення бурять свердловину й через кожний метр відбирають проби ґрунтоцементної суміші. Відібрану суміш без трамбування укладають у форми й після витримування випробовують отримані зразки на стиск. Якість ґрунтоцементного матеріалу контролюють також шляхом випробування на одноосьовий стиск кернів, вибурених з тіла закріпленого масиву не раніш, як через 28 діб після закінчення робіт. У відповідальних випадках виготовлені бурозмішувальним способом палі випробовують осьовим стискувальним навантаженням, як і звичайні бетонні палі.

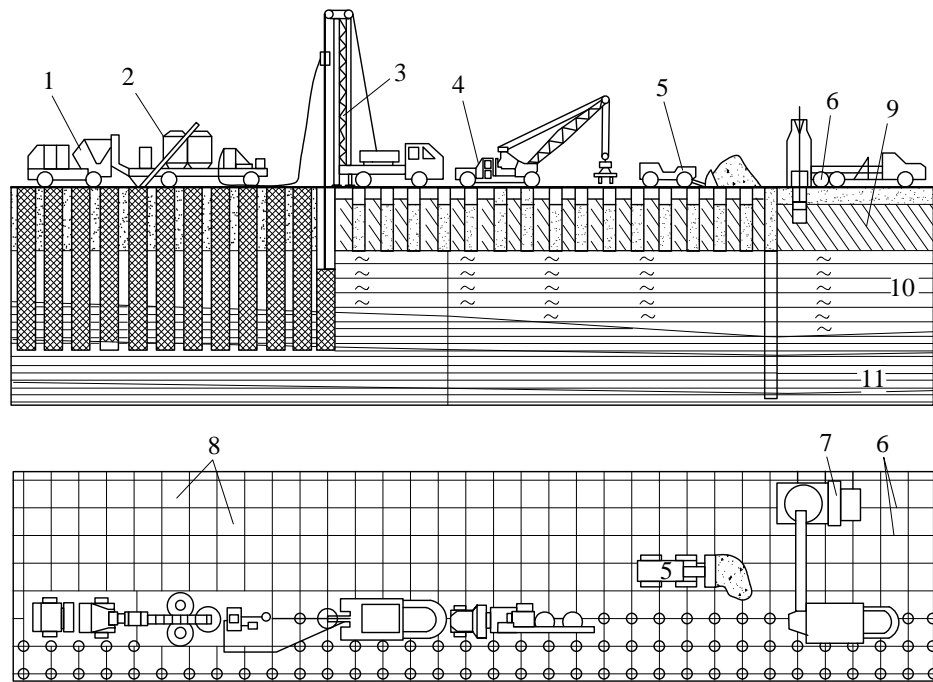


Рисунок 8.10 – Ущільнення ґрунтової основи бурозмішувальним способом: 1 – авторозчиновіз; 2 – пересувний розчинонасосний вузол; 3 – бурова установка; 4 – кран автомобільний; 5 – фронтальний навантажувач; 6 – бурова установка; 7 – автосамоскид; 8 – розпланувальна сітка для мулоцементних паль; 9 – перекривний шар; 10 – мул; 11 – тверді глини

У нашій країні розроблені ґрунтозмішувальна технологія й засоби механізації облаштування стрічкових цементоґрунтових фундаментів для малоповерхових будинків у лесових, піщаних, супіщаних і суглинних ґрунтах. Технологія

будівництва таких фундаментів містить два взаємопов'язані механізовані процеси: готування цементного розчину з домішками та подачу його з регульованою витратою в ґрунтозмішувальну машину; облаштування цементоґрунтової стінки (фундаменту) ґрунтозмішувальною машиною. Як в'язуче застосовують цемент марок 300 або 400 – 230–250 кг на 1 м<sup>3</sup> фундаменту. Міцність щодо стиску одержуваного цементоґрунту становить 4–14 МПа. Ґрунтозмішувальна машина виготовлена в навісному варіанті на базі трактора МТЗ-50, дообладнаного ходозменшувачем і гідросистемою. Робочий орган машини виконаний у вигляді змішувального шнека з різальними ножами й ущільнювальним шнеком із формувальним майданчиком (рисунок 8.11). Швидкість облаштування фундаменту глибиною 1,2 м і шириною 0,6 м становить близько 15 м/год.

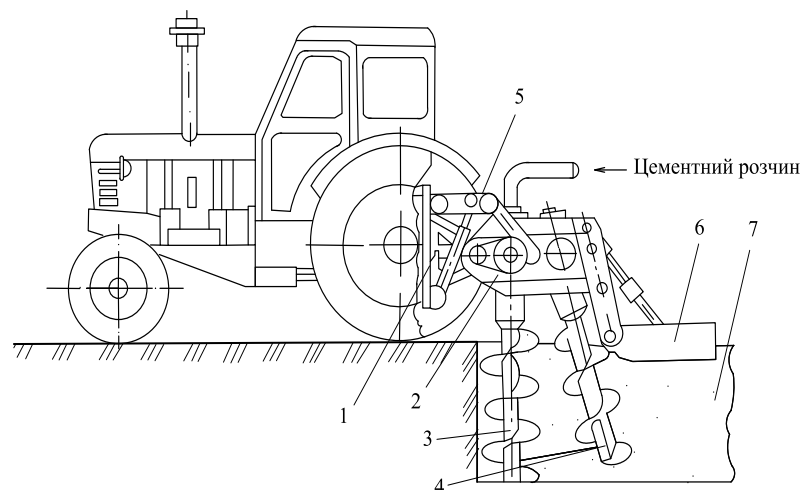


Рисунок 8.11 – Схема ґрунтозмішувальної машини для спорудження стрічкових фундаментів: 1 – редуктор; 2 – рама; 3 – змішувальний шнек; 4 – ущільнювальний шнек; 5 – механізм підймання; 6 – формувальний майданчик; 7 – фундаментна стрічка.

## 8.6 Термічний спосіб закріплення ґрунтів

У випадку реалізації термічного способу тепло передається ґрунту шляхом теплопровідності, конвекції й випромінювання. Найефективніше нагріваються ґрунти за конвективного теплообміну, коли тепло переносять гарячі гази, які, проникаючи в пори ґрунту, передають йому тепло й сприяють хімічним реакціям.



Для термозміцнення масиву ґрунту в ньому бурять свердловини, в яких створюють високу температуру й надлишковий тиск газів. Під їхньою дією вільна волога переміщується до периферійної зони й починає виходити на поверхню ґрунту у вигляді пари. В разі нагрівання ґрунту до  $200^{\circ}\text{C}$  із нього виходить практично вся вода й вигорають органічні домішки. В інтервалі температур  $200 - 400^{\circ}\text{C}$  знижується здатність ґрунту до осідання й здимання. За  $400 - 600^{\circ}\text{C}$  руйнуються кристалічні ґратки глинистих мінералів, їхня міцність дещо падає, але потім, з подальшим підвищенням температури, продовжує рости. В інтервалі температур  $600 - 900^{\circ}\text{C}$  міцність глинистих масивів звичайно досягає 4 МПа й більше. З подальшим підвищенням температури до  $1200^{\circ}\text{C}$  починається спікання й плавлення ґрунту, стінки свердловини оплавляються на глибину 5 – 10 мм, що перешкоджає передачі тепла шляхом конвекції газів. Міцність опаленого ґрунту досягає 14 – 24 МПа.

Термічно зміцнюють ґрунти трьома основними методами: електроплавленням; нагнітанням у ґрунт через свердловини попередньо нагрітого до  $600 - 800^{\circ}\text{C}$  повітря; спалюванням палива безпосередньо в товщі ґрунту, що зміцнюється, або в гирлі свердловини.

Метод електроплавлення застосовують головно для зміцнення пливунів у процесі проходки глибоких виробок. По контуру передбачуваної виробки в пливунях, встановлюють електронагрівачі, електричним струмом протягом 8 – 10 хвилин вони нагріваються до температури  $1800 - 2500^{\circ}\text{C}$ . За такої високої температури волога з ґрунту навколо нагрівача випаровується й ґрунт плавиться. Пара, що утворилася, частково виходить в атмосферу, а частково переміщується від нагрівача, відтискуючи при цьому ґрунтову воду. Нагрівання ґрунту, в якому, як правило, міститься кремнезем, супроводжується збільшенням його об'єму на 10 – 20 %, крім того, пори ґрунту заповнюються розплавом. Усе це забезпечує високу щільність зміцненого ґрунту. Міцність розплаву досягає 25 – 40 МПа і більше, що залежить від температури нагрівання пливуну. Радіус плавлення пливуну

залежить здебільшого від тривалості нагрівання; в разі нагрівання протягом 10 годин він може сягнути близько 25 см.

Зміцнення ґрунту електроплавленням є енергоємним процесом. На 1 м<sup>3</sup> пливуна витрачається 1200 – 1500 кВт/год електроенергії.

Електроплавлення пливунів також супроводжується рясним виділенням окису вуглецю, вуглекислого газу, метану, водню й пари кремнію, що потребує безперервного й посиленого провітрювання вибою виробки.

Метод зміцнення ґрунтів гарячим повітрям застосовують у лесових і глинистих ґрунтах за глибини закріплюваної зони 10 – 15 м. Принципову схему установки для зміцнення ґрунту цим методом показано на рисунку 8.12. Попередньо підігріте в економайзері повітря далі нагрівається в змійовиках прокалювальної печі до температури 600 – 800 °С і подається вентилятором термоізованим трубопроводом у свердловину, гирло якої герметизують спеціальним засувом. Ущільнювальна товща прогрівається шляхом конвекції тепла в процесі фільтрації нагрітого повітря по порах ґрунту за рахунок підтримання надлишкового тиску в свердловині в межах 0,05 – 0,1 МПа.

Температуру повітря в свердловині регулюють, оскільки надмірно висока може спричинити оплавлення стінок свердловини, зменшивши або зовсім припинивши фільтрацію гарячого повітря вглиб масиву і його зміцнення. Діаметр термозміцненого гарячим повітрям ґрунтового стовпа становить звичайно 2 – 3 м.

Зміцнення ґрунтів спалюванням палива безпосередньо в свердловинах застосовують, як і метод зміцнення ґрунтів гарячим повітрям, на глибину до 15 м. Термічно закріплюють ґрунти газоподібними продуктами горіння, що утворюються під час згоряння палива безпосередньо в товщі зміцнюваного ґрунту або в гирлі свердловини. Для цього в свердловині постійно підтримують надлишковий тиск, який забезпечує фільтрацію розпечених газів у ґрунт.

Принципову схему установки для закріплення ґрунту цим методом і спалювання палива в свердловині показано на рисунку 8.13. За допомогою такої установки технологія закріплення ґрунту складається з таких дій. На всю глибину закріплюваного масиву проходять свердловини діаметром 150 –

200 мм. Гирло свердловини обладнують спеціальним герметичним засувом. Перед початком випалу в свердловину нагнітають повітря природної температури для перевірки герметичності всієї системи. Відтак обробляють ґрунт факелом із сопла форсунки в гирлі свердловини. Верхня частина свердловини нагрівається висхідним від форсунки теплом, а нижня – гарячими газами згоряння, що переміщуються довжиною свердловини й проникають у пори ґрунту під дією стиснутого повітря, що подається на форсунку від компресора.

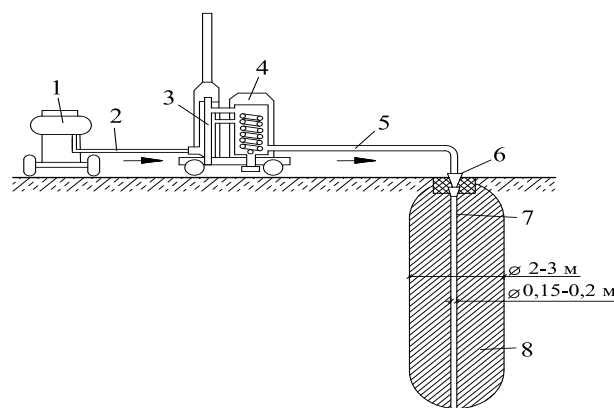


Рисунок 8.12 – Схема установки для термічного закріплення ґрунту гарячим повітрям: 1 – компресор; 2 – трубопровід холодного повітря; 3 – економайзер для підігрівання повітря; 4 – агрегат для нагрівання повітря; 5 – трубопровід гарячого повітря; 6 – засув свердловини; 7 – свердловина; 8 – зона термічного закріплення

Радіус випалу зазвичай становить 1 – 1,5 м. Унаслідок цього для повної обробки всього масиву ґрунту свердловини розташовують на відстані 2 – 2,5 м одна від одної.

Для оброблення ґрунту з шаруватими домішками на різних глибинах потрібні різні режими обробки. У цьому випадку застосовують зональний спосіб термічної обробки. Устаткування свердловини за такого способу складається із закритого кондуктора, в якому згоряє паливо, і закріплених на ньому ланок труби-регулятора, нижній кінець якої, обмотаний азбестом, слугує сальником, що перешкоджає поширенню гарячих газів за межі оброблюваної зони (рисунок 8.14). Закріплення ведуть по зонах знизу нагору.

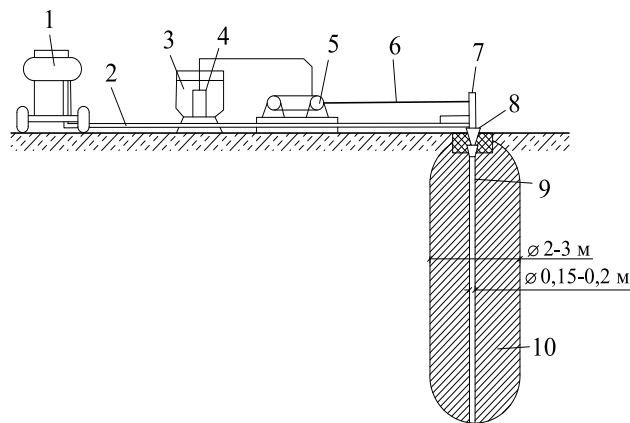


Рисунок 8.13 – Схема установки для термічного закріплення ґрунту спалюванням палива у свердловині: 1 – компресор; 2 – трубопровід холодного повітря; 3 – рідке паливо; 4 – фільтр; 5 – насос для подачі палива; 6 – трубопровід для подачі палива до форсунок; 8 – засув свердловини з камерою згорання; 9 – свердловина; 10 – зона термічного закріплення

Для термічного зміцнення ґрунтів застосовують установки, що працюють на газі, а також на рідкому й твердому паливі. Найбільшу частину витрат за цього методу становлять витрати на придбання палива, одержання й подачу стиснутого повітря. Термічне зміцнення ґрунтового стовпа діаметром 2 – 3 м і довжиною 10 – 15 м можна виконати протягом 5 – 10 днів. У цьому полягають основні недоліки методу.

Контроль термічного зміцнення ґрунтів передбачає спостереження: за витратою палива, герметичністю свердловини, температурою в свердловині й ґрунті, тиском у свердловині, а також за тривалістю процесу. Всі розрахункові параметри випалу уточнюють у дослідних свердловинах.

Після завершення закріплення масиву ґрунту виконують вибіркові статичні випробування стовпів закріпленого ґрунту. Міцність закріпленого ґрунту визначають за вибуреними кернами або за допомогою неруйнівних методів (ультразвукового чи радіометричного).

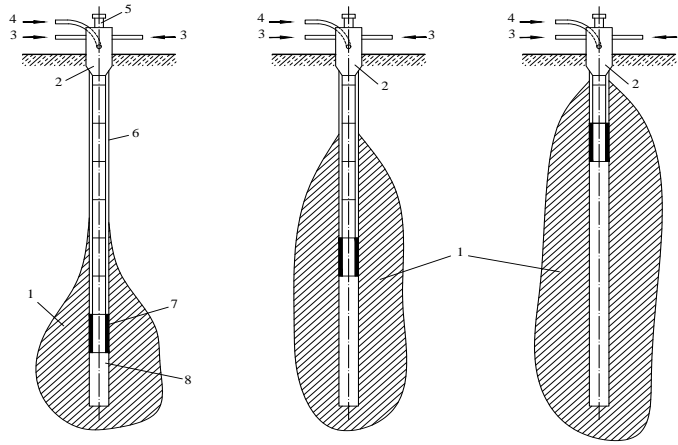


Рисунок 8.14 – Термічне закріплення ґрунту за зонального способу обпалювання: 1 – зона закріпленого ґрунту; 2 – кондуктор; 3 – подача повітря; 4 – подача газу; 5 – спостережувальне віконце; 6 – труба-регулятор; 7 – азбестовий сальник; 8 – свердловина

### 8.7 Зміцнення ґрунтів заморожуванням

Для відкопування колодязів і котлованів у водонасичених ґрунтах уже з 16 ст. в Сибіру й Канаді застосовували виморожування ґрунтів природним способом, називаючи цей прийом проморожуванням. Однак штучне заморожування ґрунтів на промисловій основі з'явилося в будівельній практиці тільки після створення в 1875 р. холодильних машин. Спосіб штучного заморожування ґрунтів уперше використав німецький маркшейдер Г. Петш для кріплення стовбура шахти, що проходив у водонасиченому ґрунті. В 1888 р. Г. Петш отримав патент на цей винахід. Відтоді спосіб штучного заморожування ґрунтів широко застосовується в будівництві.

У сучасній будівельній практиці штучне заморожування ґрунтів використовують здебільшого як тимчасовий захід з метою створення огорожувальних стін під час розроблення глибоких виробок у складних інженерно-геологічних умовах. У північних районах (за полярним колом) заморожений ґрунт часто слугує постійним елементом інженерних споруд (кригоґрунтові завіси, підпірні стінки, основи насипів тощо).

Під час заморожування ґрунту підвищується його міцність. Це дає змогу використати кригоґрунтову завісу водночас, як водонепроникну огорожу і як

підпірну стіну, що уможливорює розробку виїмки з вертикальними укосами й без тимчасового кріплення.

Заморожуванню з підвищенням міцності піддаються всі ґрунти, що містять вологу. При цьому водонасичені ґрунти в замороженому вигляді, залежно від температури, можуть мати міцність на стиск від 8 до 23 МПа, а на розтягування – від 2 до 6 МПа, що відповідає й навіть перевершує міцність деяких бетонів.

Для реалізації технології штучного заморожування ґрунту по контуру майбутньої виробки бурять в один або кілька рядів свердловини діаметром 200 – 250 мм із кроком до 1,5 м і на 3 – 5 м нижче позначки дна виробки. У свердловини монтують заморожувальні колонки, по трубах яких безупинно циркулює охолоджений до заданої температури теплоносіє. Він через стінку заморожувальної труби відбирає тепло від ґрунту, спричиняючи його промерзання й утворення кригоґрунтового циліндра навколо труби. Як теплоносіє звичайно застосовують розчин хлористого кальцію, газоподібний аміак або охолоджене до  $-20^{\circ}\text{C}$  повітря. За певний час кригоґрунтові циліндри навколо окремих колонок з'єднуються один з одним й утворюють із замороженого ґрунту водонепроникну стіну.

Принципова схема замороження ґрунту з використанням одноступінчастої аміачної холодильної установки показана на рисунку 8.15. Компресор засмоктує з випарника пари холодоагента й нагнітає їх у конденсатор, де вони за постійного тиску переходять у рідкий стан, віддаючи частину тепла воді, що охолоджує конденсатор. Рідкий холодоагент накопичується в ресивері, звідки під тиском конденсації подається до регулювального вентиля, де цей тиск знижується до тиску випарника і відтак надходить у випарник. Випаровування холодоагента в змішувачах випарника відбувається з відбиранням певної кількості тепла від теплоносія.

Охолоджений теплоносіє з бака забирається насосом і подається в розподільник. З розподільника він живильною трубою надходить у нижню частину заморожувальної колонки й потім повільно піднімається міжтрубним кільцевим простором колонки нагору, відбираючи тепло від ґрунту. Через колектор нагрітий теплоносіє вертається в бак випарника, і цикл повторюється.

Під час заморожування ґрунтів у твердий стан спершу переходить за температури близько  $0^{\circ}\text{C}$ , вільна вода, потім – за температури  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  – капілярна й крихкозв’язана вода. Міцно зв’язана вода замерзає тільки за температури близько мінус  $80^{\circ}\text{C}$ , тому за звичайних температур заморожування вона не бере участі в кригоутворенні. Крім того, близько 10 % води витісняється із створюваної зони заморожування.

Від кількості незамерзаючої води залежить міцність мерзлих ґрунтів. Найбільша міцність у заморожених гравійних ґрунтів і крупних пісків, у яких за температури, близькій до  $0^{\circ}\text{C}$ , практично вся вода переходить у кригу. Трохи менша міцність у замороженого супіску, суглинку й глини, в яких за звичайних температур штучного заморожування міцно зв’язана вода не переходить у кригу.

Міцність на стиск замороженого насиченого водою піску  $\sigma_3$ , МПа, визначають за формулою Н. Г. Трупака:

$$\sigma_3 = 0,2\tau + 2, \quad (8.1)$$

де  $\tau$  – температура замороженого ґрунту,  $^{\circ}\text{C}$ .

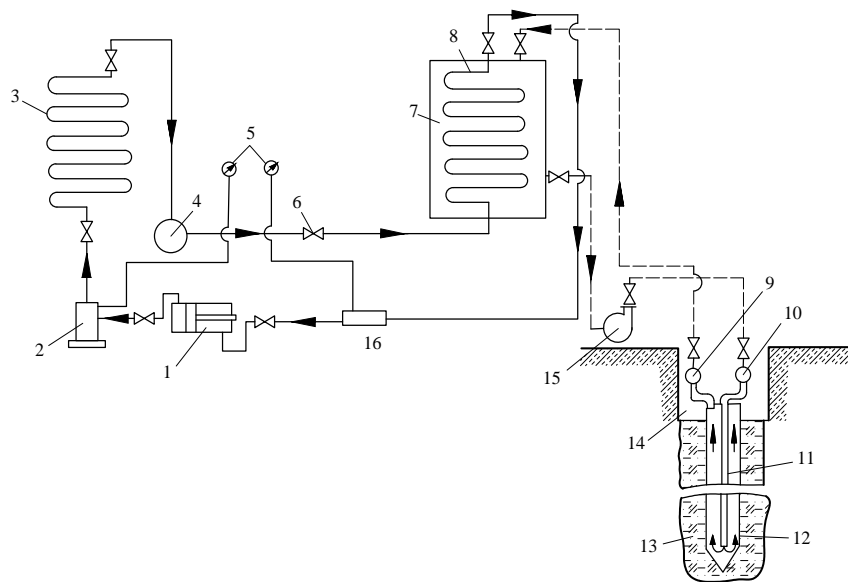


Рисунок 8.15 – Принципова схема заморожування ґрунту: 1 – компресор; 2 – мастиловідділювач; 3 – конденсатор; 4 – ресивер; 5 – манометри; 6 – регулювальний вентиль; 7 – бак з теплоносієм; 8 – випарник; 9 – колектор; 10 – розподільувач; 11 – живильна труба; 12 – заморожувальна труба; 13 – заморожений ґрунт; 14 – галерея; 15 – насос для подачі теплоносія; 16 – грязьовик

На початку заморожування навколо кожної колонки утворюється самостійний кригогрунтовий циліндр радіусом  $r_z$  (рисунок 8.16). Коли радіуси окремих кригогрунтових циліндрів у міру заморожування досягають половини відстані між колонками, починається змикання окремих кригогрунтових циліндрів у суцільну кригогрунтову стінку.

У загальному випадку штучне заморожування ґрунтів передбачає такі роботи: буріння свердловин, монтаж заморожувальної станції й мережі, створення кригогрунтової стінки (активне заморожування), підтримання цієї стінки в мерзлому стані в період виконання будівельних робіт (пасивне заморожування), період танення заморожених ґрунтів.

Глибина кригогрунтової стінки визначається глибиною виробки, яку вона захищає, і розташуванням водотривкого шару ґрунту. За близького до денної поверхні залягання водотривкого шару ґрунту заморожувальні свердловини заглиблюють у нього на 1,5 – 2 м. Якщо водотривкий шар ґрунту залягає на великій глибині, а розміри виробки в плані відносно невеликі, то в основі виробки створюють штучний водотривкий шар із замороженого ґрунту, товщина якого визначається розрахунком.

Якщо котлован має витягнуту форму й глибина його невелика, то штучний водотривкий шар можна створювати за допомогою похилих свердловин, що замикаються на певній глибині під майбутнім котлованом, стіни якого заморожують свердловинами.

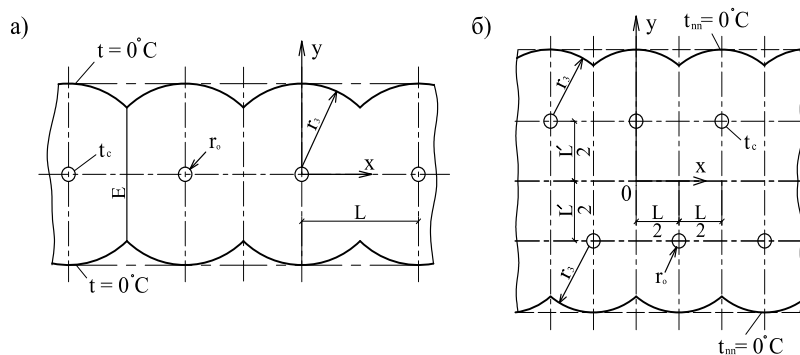


Рисунок 8.16 – Схема кригогрунтової стінки: а – за розташування заморожувальних колонок в один ряд; б – в два ряди



Товщина кригогрунтової стінки залежить від її призначення, форми й розмірів котловану в плані, його глибини, а також від очікуваної міцності заморожуваних ґрунтів. Глибокий котлован розбивають на кілька ярусів розроблення й кригогрунтову стінку облаштовують змінною за глибиною (на більшій глибині призначають більшу товщину стінки).

Час, необхідний для виконання робіт із заморожування ґрунтів, залежить від їх об'єму й становить 2 – 6 місяців, у тому числі власне заморожування триває 30 – 50 діб. Звичайно заморожують ґрунти до початку проходки.

Схему будівництва проміжного вестибюлю станції метрополітену в м. Києві із заморожуванням ґрунтів показано на рисунку 8.17. Стіни вестибюля і його склепіння споруджували на поверхні землі. При цьому нижній кінець стін оснастили ножовою частиною й занурювали в ґрунт на глибину близько 50 м методом опускного колодязя з присипанням купола шлаком та ґрунтом в міру його занурення. Будівництво ускладнювалося через близьке розташування багатопверхових житлових будинків, густої мережі підземних комунікацій, жвавий рух автотранспорту. Щоб уникнути напливу всередину споруди нестійких водонасичених дрібнозернистих пісків, навколо зони занурення був утворений кригогрунтовий циліндр, що сприймав повний гідростатичний тиск води та пливунного ґрунту.

Для утворення кригогрунтового циліндра заморожувальні свердловини розташували по двох концентричних колах з діаметрами: зовнішнім – 31 м і внутрішнім – 27 м. Відстань між заморожувальними свердловинами була 2 м, а їхня глибина – 56 м. Усього пробурили 96 заморожувальних і 16 контрольних свердловин. Для транспортування ґрунту із приміщення вестибюлю були облаштовані (рисунк 8.17) вертикальний шурф 4, прийомний бункер 6, похила штольня 9 і допоміжний стовбур 2 діаметром 5,5 м. Останній виконали із заморожуванням і закріпили чавунними тубінгами.

Заморожувальна станція складалася з трьох холодильних агрегатів. Середня температура охолоджувального розсолу становила  $-20^{\circ}\text{C}$ . Конструкцію вестибюля опускали протягом чотирьох місяців.

Заходи щодо забезпечення якості облаштування кригогрунтових завіс звичайно передбачають:

- контроль параметрів роботи холодильних агрегатів (температура теплоносія, показання манометрів на магістралях й окремих колонках);
- контроль за температурою ґрунту в процесі його заморожування через контрольні свердловини;
- контроль рівня ґрунтових вод у гідрогеологічних свердловинах, які розташовують у зоні позитивних температур (як правило, зовні кригогрунтової стінки);
- контроль суцільності й товщини кригогрунтової огорожі (може здійснюватися за допомогою ультразвуку).

За необхідності після закінчення робіт кригогрунтову стінку штучно відтають. Цю технологічну операцію здійснюють циркуляцією нагрітого теплоносія через заморожувальні колонки з поступовим доведенням його температури до плюс 15 – 25 °С.

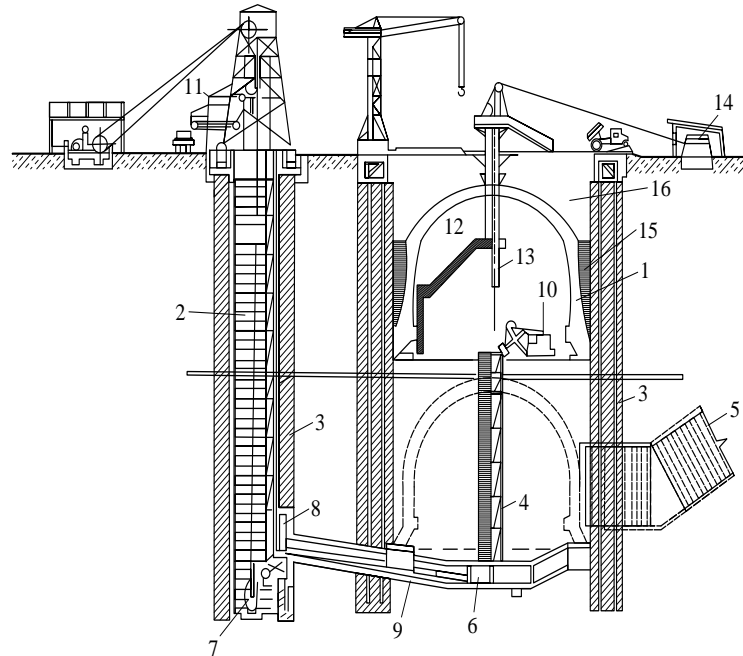


Рисунок 8.17 – Схема будівництва проміжного вестибюля метро та допоміжного стовбура із застосуванням заморожування ґрунтів: 1 – проміжний вестибюль; 2 – демонтажний стовбур; 3 – кригогрунтовий циліндр; 4 – шурф для спуску ґрунта; 5 – верхній похилий ескалаторний тунель; 6 – прийомний бункер; 7 – сип; 8 – дозувальний бункер з засувом; 9 – похила виробка; 10 – екскаватор; 11 – бункер з

живильником; 12 – металева труба для руху людей; 13 – металева труба для спуску матеріалів; 14 – вантажна лебідка; 15 – засипання шлаком; 16 – засипання ґрунтом

### ***Контрольні запитання:***

1. Розкрийте сутність терміну «Закріплення ґрунтів».
2. Назвіть методи закріплення за способом впливу на ґрунт.
3. Згадайте які реагенти найчастіше використовують з метою хімічного закріплення ґрунтів.
4. Перелічіть способи введення хімічних реагентів при закріпленні ґрунтів.
5. Назвіть сутність термічного способу закріплення, способу заморожування і електрохімічного способу закріплення ґрунтів.
6. Розкажіть про цементацію ґрунтів і конструкцій.
7. Назвіть технологічні схеми цементації.
8. Поясніть термін «манжетна колона».
9. Опишіть своїми словами силікатизацію та смолізацію ґрунтів.
10. Поясніть основу технології струминного ін'єктування.
11. Назвіть головні операції струминної технології.
12. Перелічіть три системи струминної технології.
13. Розкажіть де використовують бурозмішувальну технологію.
14. Розкрийте сутність термічного способу закріплення ґрунтів.
15. Опишіть штучне заморожування ґрунтів.

## 9 АРМУВАННЯ ҐРУНТУ

### 9.1 Загальні відомості

Армування ґрунту – це спосіб поліпшення властивостей ґрунтового середовища введенням у нього елементів, що забезпечують сприйняття підвищених стискальних і розтягувальних напружень.

Ідея армування ґрунту не є новою. Основні принципи армування ґрунту закладені в природі. Відомий, наприклад, ефект утримання зсувонебезпечних схилів коренями чагарників чи дерев, спосіб закріплення піщаних пустель чагарником тамариксу. Вздовж наших земляних гребель традиційно ростуть верби, коріння яких закріплюють береги від розмиву.

Стародавні римляни використовували прийоми армування ґрунту. Уздовж берегів Тибру вони будували земляні дамби, армовані очеретом. Велика китайська стіна є прикладом використання армованого ґрунту у вигляді суміші глини з гравієм, яка армована гілками чагарників.

Випадки зведення інженерних споруд з армованого ґрунту були відомі в усі історичні епохи, аж до нашого часу. Однак великого поширення цей метод набув тільки в останні десятиліття. Це стало в результаті використання як арматури полімерних матеріалів у вигляді тканин (**геотканини**) або сіток (**геосітки**). Приблизно з 60-х років минулого століття почалося масове промислове виготовлення спеціальних виробів для армування ґрунту.

Поряд з армуванням ґрунту гнучкими елементами типу металевих смуг, тканин і сіток удосконалювались і методи армування ґрунтових масивів жорсткими елементами, переважно у вигляді пальових куців різної конструкції (із буроін'єкційних, буронабивних, цементоґрунтових та інших видів паль).

Таким чином, армування ґрунту стало важливим конструктивно-технологічним напрямком у сучасному будівництві, що уможливлює ефективне вирішення різноманітних геотехнічних задач.

## 9.2 Основні схеми армування ґрунту й галузі їхнього застосування

Для армування ґрунту використовують такі армувальні елементи: палі (набивні, буронабивні, буроін'єкційні, забивні, ґрунтові), ґрунтові анкери, металеві стержні та смуги, геотекстиль, геосітки, полімерні плівки, волокна, нитки тощо.

Армувальні елементи залежно від розв'язуваних інженерних завдань розташовують вертикально, горизонтально, похило (в одному, двох напрямках і більше), чарунковими структурами. Застосовують також об'ємно-дисперсне армування.

Впровадження армувальних елементів у ґрунт вирізняється великою розмаїтістю технологічних прийомів. Використовують: забивання, вдавлювання, буріння, віброзанурення, розстелювання, розкладку з подальшим засипанням або замивом та інші способи.

Армування ґрунту горизонтальними елементами доцільно застосовувати в разі будівництва на слабких ґрунтах, для посилення основ важких будинків, споруд, насипів, а також влаштування підпірних стін і в інших аналогічних випадках (рисунок 9.1). Горизонтальне армування запобігає випиранню ґрунту з-під споруди, утримує від сповзання зворотне засипання підпірних стінок, підвищує стійкість насипів і природних зсувонебезпечних масивів.

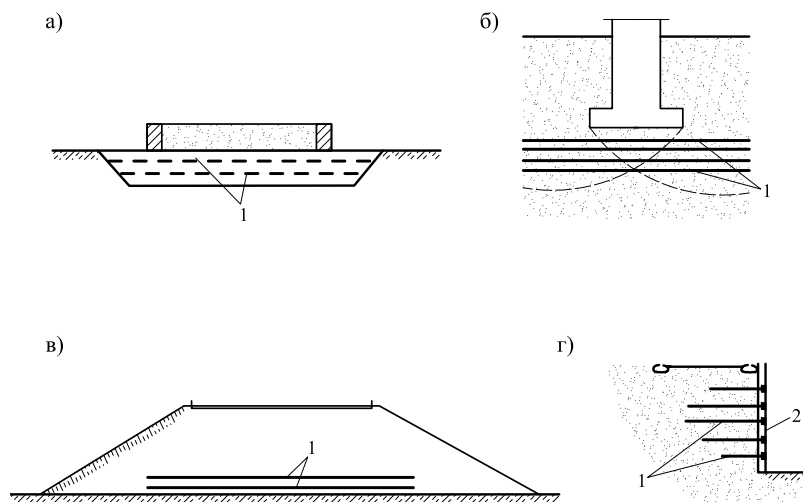


Рисунок 9.1 – Схеми підсилення основ горизонтально розташованими армувальними елементами: а – під резервуаром; б – під фундаментами будинку; в

– під дорожнім насипом; г – у конструкції підпірної стіни;  
1 – армувальні елементи; 2 – облицювання

Посилення основ вертикальними елементами часто є більш технологічним, аніж горизонтальними елементами. Воно особливо ефективно, якщо вертикальні армувальні елементи заводять у щільні шари ґрунту (рисунок 9.2). Вертикальні елементи зміцнюють основи, укоси котлованів, з їх допомогою створюють відсічні конструкції для запобігання впливу котловану на суміжні з ними будинки і споруди.

З метою підвищення стійкості схилів і укосів, підсилення фундаментів існуючих будинків і споруд застосовують похиле армування (рисунок 9.3). Для підсилення осесиметричних фундаментів облаштовують армувальні елементи похило в двох і більше напрямках.

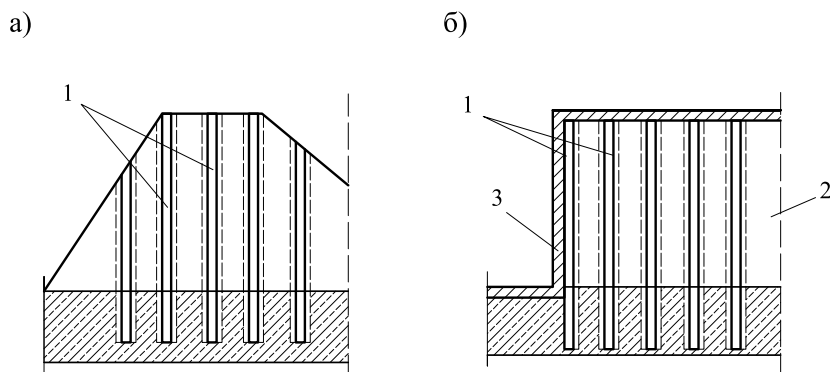


Рисунок 9.2 – Схема підсилення основи вертикальними елементами: а – дамби; б – вертикального укосу; 1 – армувальні елементи; 2 – ґрунт основи; 3 – облицювання

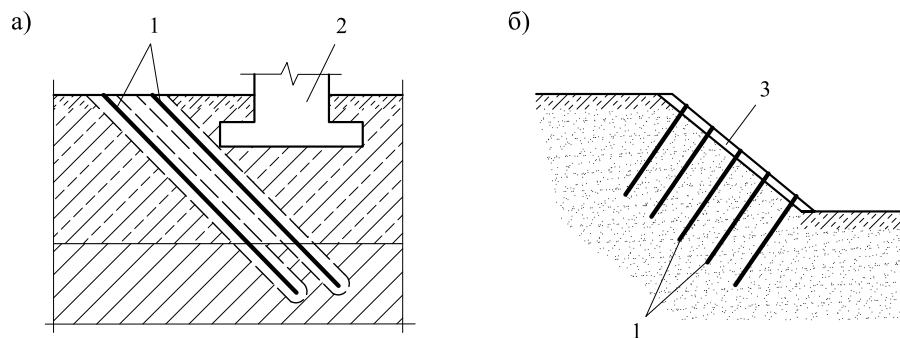


Рисунок 9.3 – Схема підсилення основи похилими елементами: а – під фундаментом будівлі; б – схилу; 1 – армувальні елементи; 2 – фундамент; 3 – облицювання

### 9.3 Армувальні матеріали

Як армувальні елементи використовують смуги завширшки від 50 до 100 мм і товщиною від 3 до 5 мм із металу, полімерів або пластику, підсиленого скловолокном. Сталеві смуги убезпечують антикорозійним захистом у вигляді цинкового покриття, епоксиретанового фарбування тощо. Для підвищення тертя між ґрунтом й армувальним елементом, шорсткості смуг досягають насічкою чи створенням ребер .

Крім смуг, застосовують також сталеву арматуру у вигляді сіток, що містять поперечні та поздовжні елементи. Широко використовують і полімерні рулонні ткани та неткані матеріали. За необхідності армувальні елементи з різних матеріалів постачають анкерними елементами у вигляді поперечних елементів, замкових вигинів, якірних пристроїв тощо (рисунок 9.4).

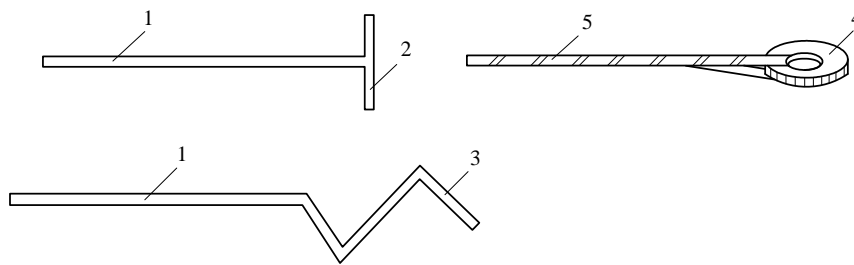


Рисунок 9.4 – Конструкції анкерних пристроїв: 1 – сталевий стержень; 2 – анкерна плита; 3 – замок; 4 – автопокришка; 5 – захват

Залежно від потреби арматура може бути комбінованою: аркуші та смуги, сітки і смуги, смуги й анкери тощо.

Армувальні матеріали повинні мати необхідну міцність, низьку повзучість, високий коефіцієнт тертя об ґрунт, довговічність.

Облаштувуючи споруди, необхідно застосовувати арматуру, що не піддається корозії в конкретному ґрунтовому середовищі. Довговічність арматури має забезпечувати її цілісність протягом усього терміну служби споруди.

## 9.4 Підпірні стінки з армованого ґрунту

Підпірні стінки складаються із зовнішнього вертикального облицювання, анкерних армувальних елементів і ґрунтового засипання (рисунок 9.5). Як матеріали і конструктивні елементи для облаштування вертикальних облицювань застосовують: цегельну чи кам'яну кладку, збірні бетонні та залізобетонні плити, монолітний бетон і залізобетон, торкретбетон, тканини і геосітки, склопластик, оцинковану листову сталь, деревину.

Облицювання з залізобетону виконують у вигляді окремих плит, з'єднаних шарнірно, з ущільненням стиків поліуретановими смугами. Металеве облицювання збирають з горизонтальних гнутих профілів (рисунок 9.6). По горизонталі профілі з'єднують у фальц. Для з'єднання з армувальними елементами у профілях передбачають отвори під болти. Облицювання з геотекстилю (рисунок 9.7) повинно мати сталеві стабілізатори у вигляді скоб, установлених з певним кроком по горизонталі, що фіксує форму хвиль гнучкої оболонки.

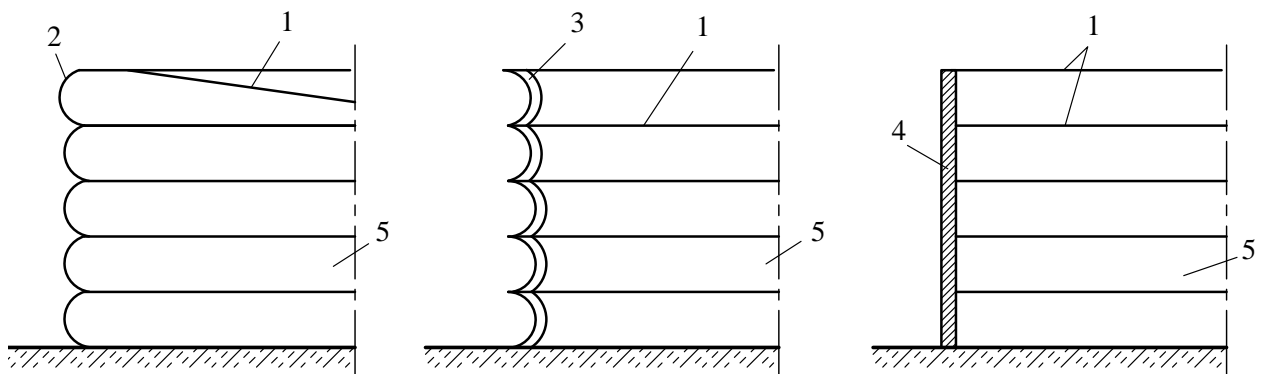


Рисунок 9.5 – Конструкції підпірних стін з армованого ґрунту: 1 – гнучкий анкер; 2 – гнучке облицювання; 3, 4 – елементи жорсткого облицювання у вигляді оболонок і плит; 5 – ґрунт засипання



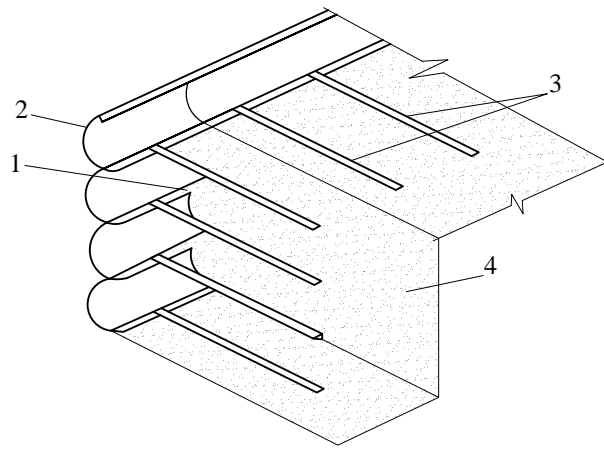


Рисунок 9.6 – Армований масив ґрунту зі збірним металевим облицюванням: 1 – з’єднання у фальц; 2 – металевий елемент облицювання; 3 – армувальні елементи; 4 – ґрунт

Щоб уникнути порушення цілісності армувальних матеріалів у будівельний період, варто вживати необхідних заходів. Не можна допускати руху будівельних машин безпосередньо по верху арматури. Для використання машин слід попередньо укласти на арматуру шар засипки завтовшки не менше 150–200 мм.

Ґрунт-заповнювач повинен містити не більше 15 % глинистих часток і розміром не більше 120 мм. Кут внутрішнього тертя ґрунту засипання має бути в ущільненому стані не менший  $25^{\circ}$ . Не допускаються органічні домішки. Крім того, ґрунтове середовище не повинне бути агресивним до сталі, у протилежному випадку слід передбачати ефективні заходи із захисту від корозії.

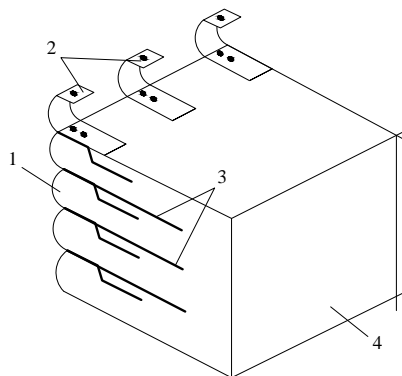


Рисунок 9.7 – Схема підпірної стінки з армованого ґрунту з облицюванням та армуванням з геотекстилю: 1 – облицювання; 2 – скоби; 3 – армувальний матеріал; 4 – ґрунт

Для армування ґрунту використовують звичайні ущільнювальні машини та механізми. Рівномірності ущільнення досягають укладанням засипки шарами товщиною від 250 до 400 мм із подальшим ущільненням відповідними механізмами, що переміщуються паралельно лицьовальній грані. Оскільки якість ущільнення ґрунту засипки безпосередньо впливає на величину тертя по анкерах, ступінь ущільнення засипки під час робіт необхідно контролювати якимсь експрес-методом, наприклад, пенетрометрами, зондуванням, добором проб тощо.

Якщо середовище засипки міститься на водонепроникній основі, то варто передбачати дренажні заходи. Приклад виконання дренажу основи стінки показано на рисунку 9.8.

Стіни зі збірними лицьовими елементами і гнучкими анкерами зводять у такий послідовності:

- планування основи;
- відривання траншеї на глибину, рівну відстані від краю збірного елемента до першого анкера;
- монтаж першого ряду збірних елементів у траншею, їх вирівнювання і приєднання першого ряду гнучких анкерів;
- монтаж інвентарного пристосування, що сприймає тиск ґрунту під час відсипання й ущільнення першого шару (тільки, якщо защемлення конструкцій у ряду вздовж траншеї недостатньо);
- відсипання першого шару ґрунту з ущільненням і плануванням під другий горизонтальний ряд анкерів;

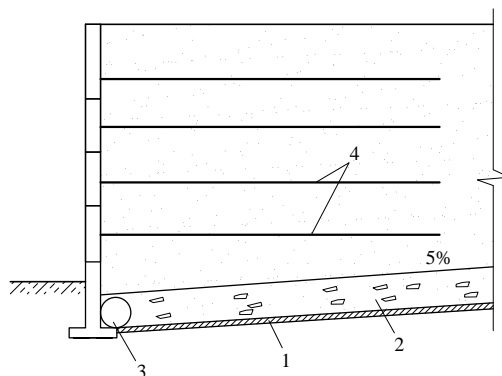


Рисунок 9.8 – Схема дренажу підпірної стінки: 1 – ущільнена глина; 2 – дренажна засипка; 3 – дренажна труба; 4 – армувальні елементи

- монтаж другого ряду лицьових конструкцій (закріплюють їх монтажем на штифти чи тимчасовими кріпленнями до конструкцій першого ряду);
- відсіпання другого шару ґрунту з ущільненням;
- укладання третього ряду анкерів і їхнє закріплення;
- відсіпання й ущільнення третього шару ґрунту.

Далі операції повторюють.

Технологія облаштування підпірних стін з армованого ґрунту з використанням для облицювання гнучких геотекстильних матеріалів відрізняється тим, що для тимчасового утримання лицьової грані кожного шару використовують тимчасові інвентарні пристосування (рисунок 9.9).

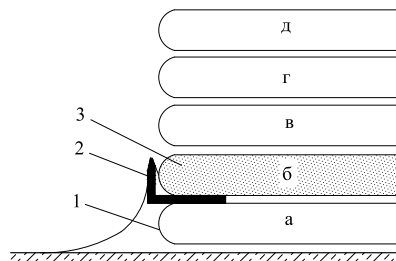


Рисунок 9.9 – Схема облаштування армованої підпірної стінки з гнучким облицюванням: а – д – послідовність облаштування; 1 – геотекстильний матеріал; 2 – підтримувальний кутик (інвентарне пристосування); 3 – ґрунт

## 9.5 Способи армування природних ґрунтових масивів

Природні ґрунтові масиви зміцнюють прошиванням їх армувальними елементами. Такими елементами можуть слугувати стержні, що забиваються, заливні нагелі, різні види паль (буроін'єкційні, буронабивні, цементоґрунтові тощо).

На рисунку 9.10 показано спосіб кріплення стін виїмки за допомогою забивання стержнів і кріплення до їхніх голів дерев'яних щитів. Стержні з арматури періодичного профілю забивають у ґрунт важкими відбійними молотками в міру поглиблення виїмки. Кінці стержнів пропускають через покладені вздовж укосу дерев'яні щити і кріплять до бруса, що укладається перпендикулярно укосу.

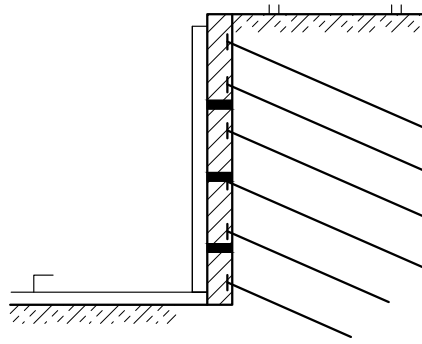


Рисунок 9.10 – Кріплення стін виробки забиванням стержнів та кріплення до них дерев'яних щитів

Під час влаштування глибоких котлованів у **дренованих** ґрунтових масивах їх армують за допомогою заливних нагелів. Свердловини для таких нагелів бурять або пробивають із подальшим зануренням у них арматури і її замонолітненням шляхом заливання цементного розчину. Для кріплення стінок свердловин використовують обсадні металеві чи пластмасові труби, які потім витягують у міру нагнітання через них розчину. У зв'язних ґрунтах труби можуть не застосовуватися, але завжди необхідно забезпечувати нахил свердловин не менше  $5^{\circ}$  – для їх заповнення розчином, який заливається без надлишкового тиску. Роботи з облаштування заливних нагелів під час армування природного ґрунтового масиву ведуть у такій послідовності (рисунок 9.11):

- виймання ґрунту на глибину першого ярусу, висота якого визначається з умов забезпечення стійкості;
- укладання на поверхню укосу арматурної сітки та її омонолітнення за допомогою торкретування (із залишенням отворів під нагелі) чи укладання збірних елементів з отворами під нагелі;
- буріння або продавлювання свердловин із кріпленням, за необхідності, їхніх стінок обсадними трубами;
- занурення в свердловини арматурних елементів із подальшим нагнітанням або заливанням цементного розчину, з одночасним витягуванням обсадних труб;
- закріплення кінців нагелів на захисній стінці приварюванням шайб або натягом гайок з подальшим замонолітненням;

- виймання ґрунту на глибину другого ярусу.

Далі етапи робіт повторюють до повної глибини виїмки.

Для облаштування котлованів глибиною понад 4 м довжину нагелів за глибиною поступово збільшують. У будь-якому випадку нагелі заводять за межі умовної призми обвалення ґрунту.

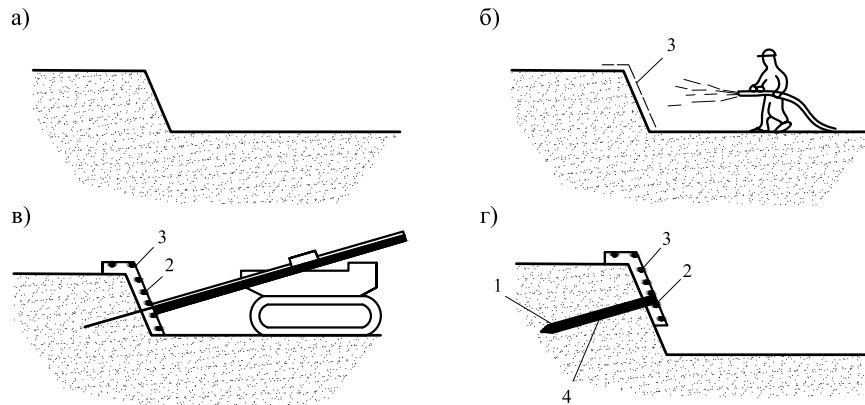


Рисунок 9.11 – Технологічна послідовність нагельного способу горизонтального армування природного ґрунтового масиву: а, б, в, г – послідовність робіт; 1 – стержнева арматура; 2 – захисна стінка із торкретбетону або збірних плит; 3 – металева сітка для армування стінки; 4 – заповнення свердловин зі стержнями цементним розчином

Під час спорудження глибоких котлованів у **дренованих** ґрунтових масивах можуть також використовуватися принципи вертикального армування. Армуювальними елементами в конструкціях таких огорожень є буроін'єкційні, буронабивні і задавлювані палі, що добре працюють на розтягування і стискання. Армувальні елементи облаштовують до відривання котловану і розташовують вертикально або похило, найчастіше в кілька рядів (рисунок 9.12).

За допомогою перерахованих вище видів вертикальних і похилих паль можуть облаштовувати «відсічні» і «шатрові» конструкції, що призначені для обмеження зон обвалення ґрунтових масивів на ділянках підземних вироблень, а також зниження стискальних навантажень на підземні виробки (рисунок 9.13).

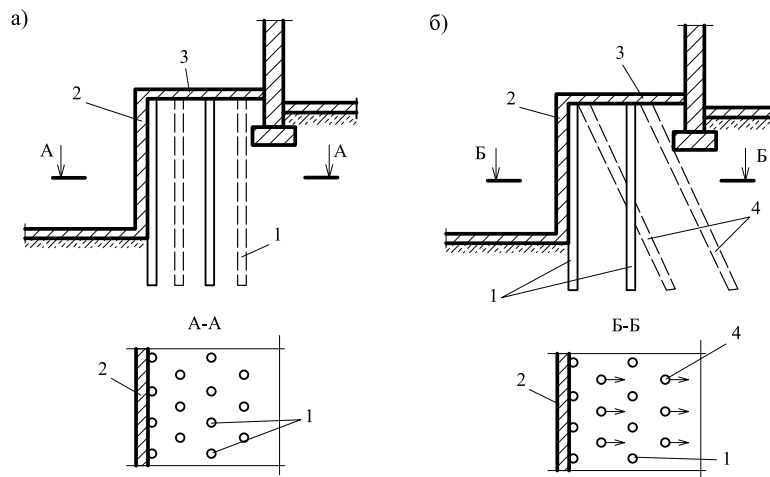


Рисунок 9.12 – Схеми армування бортів глибоких котлованів: а – вертикальними палями; б – вертикальними і похилими палями; 1 – вертикальні палі; 2 – захисне облицювання; 3 – ростверки; 4 – похилі палі

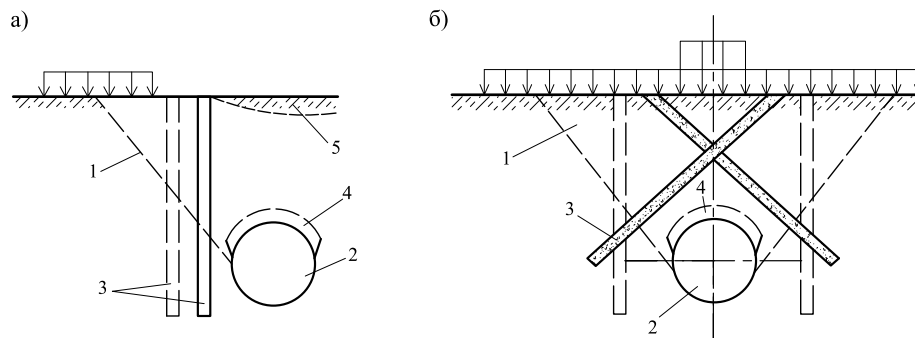


Рисунок 9.13 – Армування ґрунтового масиву буроін'єкційними палями в зонах можливого зрушення: а – відсічні конструкції; б – шатрова система; 1 – площина зрушення; 2 – тунель; 3 – буроін'єкційні палі; 4 – зона вивалу ґрунту над виробками; 5 – можливе осідання поверхні ґрунту

Для армування **водонасичених** ґрунтів в основі будинків і споруд використовують цементоґрунтові, щебеневі, піщані, вапняні й інші види паль. За рахунок такого армування масив отримує анізотропію механічних і фільтраційних властивостей, що знижує стискальність і прискорює консолідацію.

## 9.6 Армування основ геотекстилем

Широке застосування геотекстилю в нашій країні пов'язане з армуванням основ під дорожні насипи. На рисунку 9.14 наведено приклад армування основи під дорожній насип на слабких ґрунтах у вигляді просторових осередків з

геотекстилю, заповнених місцевим ґрунтом. Технологія такого армування доволі складна і потребує високої культури будівельних робіт.

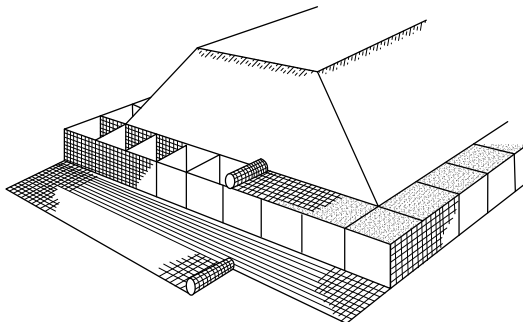


Рисунок 9.14 – Основа насипу у вигляді геочарунок

На рисунку 9.15, а, б показано зразок локального армування основи під насип в його найнапруженіших місцях. У цих випадках армувальні елементи часто виконують і функції дренавальних (водозбірних) елементів, що істотно стабілізує насип.

Під час прокладання доріг по карстовій території в основу насипу укладають кілька шарів геотекстилю для запобігання суфозійному виносу часток ґрунту (рисунок 9.16).

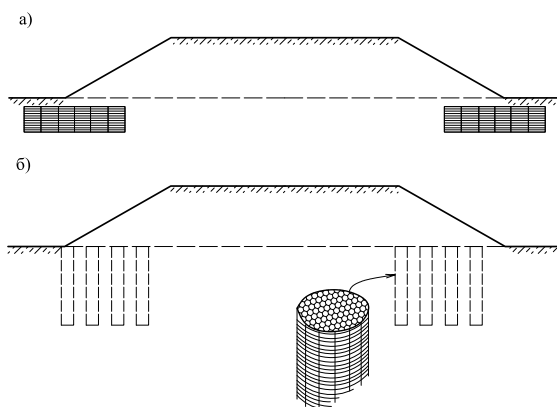


Рисунок 9.15 – Армування насипів: а – армування основи насипу геотекстилем; б – циліндричні опори із геосітки з кам'яним заповненням

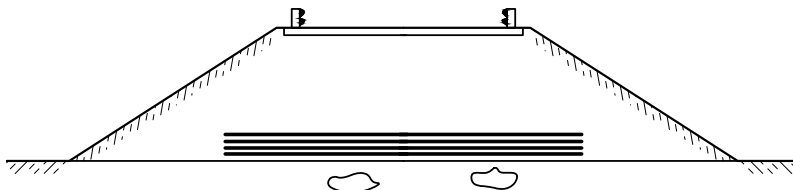


Рисунок 9.16 – Використання армованого ґрунту на закарстованій основі

У країнах СНД налагоджено випуск різних рулонних синтетичних матеріалів, які використовують для армування дорожніх основ. Серед них: армодор (завтовшки 1 і 3 – 4 мм), дорніт (завтовшки 4 мм), нетканий голкопробивний капроновий матеріал (завтовшки 2,5 – 3,5 мм), просічна сітка зі скловолокна (завтовшки 2 мм). Опір розтягуванню таких матеріалів становить 0,4 – 0,7 МПа за відносного подовження 40 – 50 %.

Значний економічний ефект можна отримати, якщо армувати основи стрічкових фундаментів будинків. У цьому випадку можна скоротити витрату фундаментних конструкцій. Схема підсилення основи під стрічковий фундамент будинку армованою подушкою показана на рисунку 9.17.

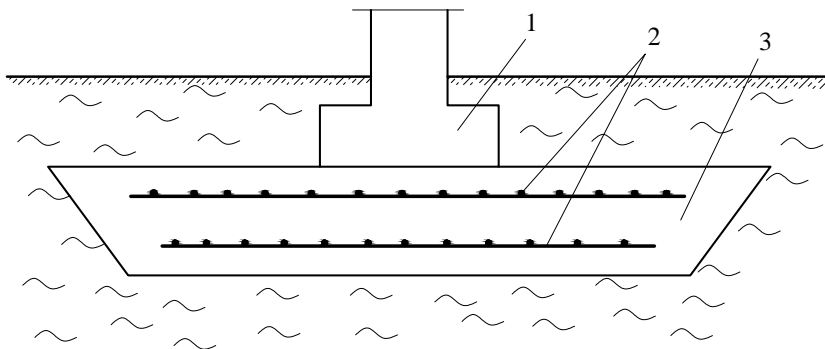


Рисунок 9.17 – Схема підсилення основи фундаменту армованою подушкою: 1 – фундамент; 2 – армувальні сітки; 3 – ґрунт подушки

**Армована подушка** являє собою підземну конструкцію, розташовану під подошвою фундаменту, яка складається з піщаного ґрунту і сіток, здатних сприймати підвищені розтягувальні напруження. Армувальні сітки розміщують по глибині подушки з кроком, рівним четвертій частині ширини фундаменту, чи меншим від цієї величини. Сітки для армування можуть бути із захищеного від корозії металу, пластмаси чи склопластиків. Геометричні розміри подушки, кількість і перетин сіток визначають розрахунком.

Послідовність облаштування фундаментів з армованою подушкою така:

- відривання траншеї до позначки низу подушки;
- укладання й ущільнення підстильного шару піску;
- укладання першої (знизу) сітки;



- відсипання й ущільнення шару піску розрахункової товщини над першою сіткою;
- укладання другої (знизу) сітки;
- відсипання й ущільнення шару піску розрахункової товщини над другою сіткою і так далі. Після засипання всіх армованих шарів піску облаштовують монолітний чи збірний фундамент і засипають його пазухи місцевим ґрунтом.

### **9.7 Контроль якості робіт під час армування ґрунту**

У процесі зведення споруд з армованого ґрунту необхідно здійснювати контроль за відповідністю використовуваних матеріалів, конструктивних рішень і технологій прийнятим у проекті. Варто контролювати:

- якість використовуваних матеріалів і виготовлених елементів;
- з'єднання окремих арматурних елементів;
- геометрію свердловин для елементів, що армують ґрунт;
- укладання арматури в свердловини;
- замонолітнення арматури в свердловинах;
- необхідні властивості ґрунту засипки;
- кріплення елементів лицьової поверхні до арматури чи анкерів.

У ході облаштування свердловин для нагелів і армувальних елементів у вигляді паль необхідно контролювати їх розташування в плані, глибину і нахил, параметри інженерно-геологічних елементів.

Якість бетону і розчинного каменю слід контролювати неруйнівними методами і по зразках, що зберігалися в ґрунтовому середовищі, ідентичному з умовами на об'єкті. Приймання встановленої арматури необхідно оформляти актом на приховані роботи.

Для оцінки придатності прийнятої в проекті технології до початку робіт виконують пробні статичні випробування анкерувальних елементів у вигляді нагелів чи паль.

У ході провадження робіт здійснюють такі контрольні випробування армувальних пристроїв і їхніх елементів:

- на висмикування нагелів і паль (не менше трьох на об'єкт);
- на вдавлення паль (не менше трьох на об'єкт);
- на висмикування армувальних смуг, сіток чи стрижнів (не менше трьох елементів кожного розміру чи довжини).

Для конструкцій з армованого ґрунту необхідно вести геодезичні виміри горизонтальних зсувів лицьової поверхні в процесі їх зведення й експлуатації.

Відхилення від проектних розмірів не повинні перевищувати, для:

- довжин анкерувальних елементів і армувальних ґрунтового товщу паль –  $\pm 50$  мм;
- діаметрів свердловин для нагелів і паль –  $\pm 20$  мм;
- напрямків похилих свердловин –  $\pm 4^0$ ;
- положення арматури нагелів у перетині свердловини –  $\pm 20$  мм;
- положення арматури за висотою й у плані геомасиву –  $\pm 20$  мм;
- позначок голів паль –  $\pm 20$  мм.

Інші значення відхилень можуть допускатися тільки за рішенням проектної організації.

## **9.8 Техніка безпеки у процесі армування ґрунту**

Зведення основ і споруд з армованого ґрунту в зоні розташування підземних комунікацій має погоджуватися з організаціями, відповідальними за їхню експлуатацію. В разі виявлення підземних комунікацій, не врахованих у проекті, необхідно викликати представників організації, у підпорядкуванні якої вони перебувають.

Під час роботи людей і механізмів у глибокому котловані чи поблизу підпірної стінки мають передбачатися заходи, що запобігають обваленню бортів, коли біля їхньої брівки перебувають механізми або за випадкового замочування їх водою.

Безпека людей під час пошарового укладання й ущільнення ґрунту в навскісному насипі, що армується, повинна забезпечуватися за рахунок обмеження перебування механізмів на цьому насипу в межах захисної смуги. Це

обумовлюється в проекті провадження робіт на підставі розрахунку її стійкості чи завдяки тимчасовим кріпленням.

У разі використання для зворотних засипок або створення дренажних елементів промислових відходів слід визначити, чи не є вони агресивними стосовно армувальних елементів. Також необхідно вживати заходів для запобігання забрудненню підземних вод. Промислові відходи не повинні розкладатися в процесі експлуатації споруд і завдавати шкоди навколишньому середовищу.

### ***Контрольні запитання:***

1. Сформулюйте основні принципи армування ґрунту.
2. Перелічіть основні схеми армування ґрунту.
3. Назвіть армувальні матеріали, які Ви знаєте.
4. Розкажіть про підпірні стінки з армованого ґрунту.
5. Опишіть технологію облаштування підпірних стін з армованого ґрунту.
6. Перелічіть способи армування природних ґрунтових масивів.
7. Дайте приклади способів армування природних ґрунтових масивів.
8. Проілюструйте схему підсилення основи під стрічковий фундамент будинку армованою подушкою.
9. Розкажіть про контроль якості робіт під час армування ґрунту.
10. Розкажіть про техніку безпеки у процесі армування ґрунту.

## Список використаної літератури

1. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві.( На заміну СНиП III-4-80\*)
2. Костюченко М.М., Шабатин В.С. Гідрогеологія та інженерна геологія: Підручник. - К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. - 144 с.
3. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01 – 83). – М.: Стройиздат, 1986. – 568 с.
4. Болотских Н.С. Справочник по водопонижению. Оборудование и технология. – Киев: Будівельник, 1985. – 172 с.
5. Попов В.М. Водоотливные установки. – М.: Недра. 1990. – 329 с.
6. Нормы по проектированию и производству работ по искусственному понижению уровня подземных вод при сооружении тоннелей и метрополитенов. ВСН 127 – 91. – М.: Минтрансстрой СССР, 1992.
7. СП 120.13330.2012 Метрополитены
8. ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітени (чинні до 31.08.2019)
9. ДСТУ Б В.2.1- 96. Грунти. Класифікація. – К.: Укрархбудінформ,1995. – 43 с.
10. СНиП 3.02.01- 87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. М.: ГП ЦПП, 1996 – 120 с.
11. Механика грунтов, основания и фундаменты : учебник / Л. Н. Шутенко, А. Г. Рудь, О. В. Кичаева и др.; под. ред. Л. Н. Шутенко; Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2015. – 501 с.
12. Гришин В.А., Гришин А.В., Гембарский Л.В. и др. Определение напряженно-деформированного состояния склонов и откосов в системе Plaxis. – Киев: НДІ ПІДЗЕМСПЕЦБУД, 2012 – 218 с.
13. Яковлев П.И., Бибицкий А.Г., Бибицкий А.А. Взаимодействие сооружений с грунтом. – М.: Недра. 1997. – 464 с.

14. Демчишин М.Г. Інженерно-геологічні засади охорони об'єктів культурної та природної спадщини України. Звіт про НДР / ІГН НАН України. - К. - 2011.
15. ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи (Збірник 1) (ДБН Д.2.2-1-99, MOD)
16. Голубев Б.И. Определение объемов строительных работ. – М.: Стройиздат, 1991 – 63 с.
17. ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи в будівництві. - Київ, Мінрегіонбуд України. - 2010.
18. Конюхов Д.С. Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения. – М.: Архитектура – С. 2005. – 304 с.
19. Технології геотехнічного будівництва Снісаренко В.І., Гембарський Л.В., Гембарська М.О. / Снісаренко В.І., Гембарський Л.В., Гембарська М.О. - К. : НДІ ПІДЗЕМСПЕЦБУД, 2015. - 552 с.
20. Упоров Н.Г., Марголин Т.В. Землесосные снаряды. – М.: Высшая школа, 1985. – 256 с.
21. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986. – 264 с.
22. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве (к СНиП 3.02.01 – 83) / НИИОСП им. Н. М. Герсевича. – М.: Стройиздат, 1986. – 129 с.
23. Шуплик М.Н., Плохих В.А., Никифоров К.П., Киселев В.Н. Перспективы технологии замораживания грунтов в подземном строительстве // Подземное пространство мира, №4, 2001, с. 28-38.
24. Бройд И.И. Струйная технология. – М.: АСВ, 2005. – 448 с.
25. Основания и сооружения из армированного грунта / ТКП 45 – 5.01 – 268 – 2012. – Минск: Минархстрой Республики Беларусь, 2013.
26. Кобзар І.І. Конспект лекцій з курсу «Технологія будівельного виробництва» (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання і слухачів другої вищої освіти ФПО напряму: 6.060101(0921) – Будівництво, спеціальність

«Міське будівництво та господарство»; «Промислове та цивільне будівництво»; «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель»; «Охорона праці в будівництві») / І.І. Кобзар, Г.Г. Осташевська, Н.М. Золотова; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 171 с.

27. Черненко В.К. Технологія будівельного виробництва / В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін. – К.: «Вища школа», 2002.

28. 32. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.

29. ДБН А.3.1-5-96 Організація будівельного виробництва. К.: Держбуд України, 1996.

30. 35. Закон України №1081 від 29.08.2019 року по Створенню Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва, закон набрав чинності 01.12.2019 року.

31. Закон України №1052 від 29.08.2019 "Про внесення змін до Закону України "Про будівельні норми" щодо удосконалення нормування у будівництві".

32. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення. Діє з 01.01.2020.

33. Новий ДБН В.2.2-15:2019 "Житлові будинки. Основні положення". Діє з 01.12.2019р.

34. ДБН В.1.2-14:2018 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів". Наказ Мінрегіону №198.

35. ДБН В.2.1-10:2018 "Основи і фундаменти будівель та споруд". Наказ Мінрегіону в №200.

36. Наказ від 28.09.2018 № 260 про затвердження ДБН В.2.2-9:2018 "Громадські будинки та споруди" (на заміну ДБН В.2.2-9-2009). Діє з 1.06.2019.

37. ДСТУ "Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд" (остаточна редакція, введення з 1 грудня 2019 р.

38. ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель" та ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 "Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків".

39. Нова редакція ДБН В.12-14:2018 з 01 січня 2019р. Розрахунок класу наслідків об'єкту будівництва.

40. ДСТУ 8855:2019 Визначення класу наслідків (відповідальності)

41. Постанова КМУ №560 "Порядок затвердження проектів будівництва і проведення їх експертизи", основні принципи і підходи під час проведення експертизи проектної документації на будівництво.

42. ДБН А.2.2-3:2014 "Склад та зміст проектної документації на будівництво". 49. ДСТУ Б Д.1.1-7:2013 "Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт у будівництві та експертизи проектної документації на будівництво"